



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE
DOUTORADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

JOÃO HENRIQUE GOMES

Respostas agudas de leucócitos, dano muscular, marcadores de estresse e estado *redox* em humanos submetidos ao treinamento funcional de alta intensidade

ARACAJU

2021

JOÃO HENRIQUE GOMES

Respostas agudas de leucócitos, dano muscular, marcadores de estresse e estado *redox* em humanos submetidos ao treinamento funcional de alta intensidade

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências da Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Lucindo José Quintans Júnior
Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Mara de Oliveira e Silva

ARACAJU

2021

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA SAÚDE – BISAU
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

G633r Gomes, João Henrique
Respostas agudas de leucócitos, dano muscular, marcadores de estresse e estado redox em humanos submetidos ao treinamento funcional de alta intensidade / João Henrique Gomes ; orientador Lucindo José Quintans Júnior. – Aracaju, 2021.

118f. : il.

Tese (doutorado em Ciências da Saúde) – Universidade Federal de Sergipe, 2021.

1. Ciências da saúde. 2. Exercícios em circuitos. 3. Treinamento intervalado de alta intensidade. 4. Sistema Imunitário. 5. Estresse Oxidativo. I. Quintans Júnior, Lucindo José, orient. II. Título.

CDU 613.73

JOÃO HENRIQUE GOMES

Respostas agudas de leucócitos, dano muscular, marcadores de estresse e estado *redox* em humanos submetidos ao treinamento funcional de alta intensidade

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências da Saúde.

Aprovado em: 26/07/2021

Orientador: Prof. Dr. Lucindo José Quintans Junior

Co-orientadora: Profa. Dra. Ana Mara de Oliveira e Silva

1º Examinador: Prof. Dr. Aylton José Figueira Júnior

2º Examinador: Prof. Dr. Roberto Jeronimo dos Santos Silva

3º Examinador: Prof. Dr. Marcos Bezerra de Almeida

4º Examinador: Prof. Dr. Vítor Oliveira Carvalho

DEDICATÓRIA

Ao meu pai João, o “Coca” (in memoriam), à minha amada esposa Renata e aos meus filhos, Matheus e Henrique.

A todos os profissionais de saúde da linha de frente que morreram ou estão lutando contra o COVID-19.

AGRADECIMENTOS

À DEUS pelo dom da vida.

À minha esposa RENATA, pelo amor incondicional e pela coorientação em cada etapa do meu doutoramento. Você é minha metade. Jamais eu conseguiria chegar até aqui se eu não tivesse você. Impossível colocar em palavras meu amor e gratidão por você.

Aos meus filhos, MATHEUS e HENRIQUE, por serem o meu combustível diário e motivação para que eu busque sempre ser o melhor exemplo de homem, pai e profissional.

Aos meus orientadores, LUCINDO e ANA MARA, por terem me acolhido e me permitido seguir com meus propósitos acadêmicos, me dando totais condições de trabalho, acreditando e confiando em mim. Vocês são profissionais admiráveis. Serei eternamente grato por tudo que vocês me proporcionaram durante essa trajetória acadêmica. Não consigo descrever tamanha importância que vocês representam para mim.

Aos treinadores MARCELO e ANDRÉ da Quest - Centro de Treinamento de CrossFit, por me cederem o espaço e auxiliarem no recrutamento, comunicação e incentivo aos participantes. Estendo meus agradecimentos aos participantes que fielmente se comprometeram com todos os estágios da pesquisa, doando tempo e esforço voluntariamente. Sem o suor de vocês, essa pesquisa jamais teria acontecido.

Ao professor VITOR do Departamento de Fisioterapia da UFS, pelo apoio, incentivo, sinceridade e transparência sempre, e por abrir as portas da Universidade para mim, me acolhendo e me direcionando na continuidade de minha carreira acadêmica.

Aos professores do Departamento de Educação Física da UFS, em especial professores RAPHAEL, MARCOS, AFRÂNIO, DANILO, MARZO, JERÔNIMO, AILTON, PEDRO, MARCELO, MARTHA E RANDEANTONY, pelo incentivo e pelo apoio na continuidade de minha formação acadêmica.

À aluna CRYSTIANNE do programa de pós-graduação em Nutrição, pela colaboração nas coletas de dados e preparação de amostras sanguíneas. Aos alunos dos cursos de Nutrição e Educação Física da UFS, pelo apoio nas coletas de dados.

Ao enfermeiro e estudante de doutorado ALLAN do programa de pós-graduação em Ciências da Saúde, pelo profissionalismo durante as coletas sanguíneas. Você foi fundamental.

À equipe do laboratório da professora LILIANE do departamento de Nutrição, pelo ensinamento e suporte nas análises sanguíneas. Meus sinceros agradecimentos aos funcionários do laboratório de análises clínicas do Hospital Universitário da UFS.

Aos professores presentes na Banca Examinadora, pela disponibilidade em contribuir para avaliação desse trabalho e do meu desenvolvimento profissional e científico.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da UFS e todos os professores, em especial à AMÉLIA, ROQUE, ROSANA e PAULO. À agência de fomento CAPES, pelo apoio financeiro que tem dado a ciência brasileira, e pelo financiamento da minha bolsa de doutorado.

RESUMO

Gomes, J.H. 2021. **Respostas agudas de leucócitos, dano muscular, marcadores de estresse e estado *redox* em humanos submetidos ao treinamento funcional de alta intensidade.** Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal de Sergipe. Aracaju-SE, 2021.

Programas de treinamento funcional de alta intensidade têm se tornado cada vez mais populares, com aumento expressivo no número de praticantes, sendo projetados para melhorar a composição corporal, capacidade anaeróbia e aptidão cardiorrespiratória. Entretanto, a literatura científica é carente de informações sobre as alterações nas respostas fisiológicas e imunológicas agudas do treinamento funcional de alta intensidade e como elas podem ocorrer, e se essas respostas são diferentes de acordo com nível de experiência e sexo. Sendo assim, o objetivo dessa tese foi analisar as respostas agudas do protocolo “Cindy”, como parte de uma sessão de treinamento de CrossFit®, sobre o sistema imune, dano muscular, marcadores de estresse e estado *redox* de seus praticantes. As hipóteses testadas foram: uma única sessão de treino induziria oscilações nas variáveis imunológicas, hormonais e metabólicas após uma sessão de treinamento, e os praticantes menos experientes seriam mais suscetíveis a essas mudanças quando comparados aos praticantes com maior experiência, da mesma forma as mulheres quando comparadas aos homens. No atual estudo, vinte e três adultos praticantes ($31,0 \pm 1,0$ anos) de CrossFit® foram submetidos a única sessão de treino (protocolo “Cindy”). Foi realizada análise de sub-grupos, sendo eles: novatos ($n = 10$) x experientes ($n = 13$); homens ($n = 12$) x mulheres ($n = 11$). Todos os protocolos utilizados no presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFS e o estudo foi cadastrado no ReBEC. As amostras de sangue foram avaliadas quanto às concentrações de lactato, cortisol, creatina quinase (CK), contagem total e diferencial de leucócitos, substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS); *ferric reducing antioxidant power* (FRAP), glutathione peroxidase (GPX); superóxido dismutase (SOD). As variáveis das amostras de sangue foram avaliadas antes (pré-ex), imediatamente após (pós-ex), 30 minutos (pós-30min) e 24 horas após (pós-24h) o exercício. O número de *rounds* diferiu somente na comparação entre níveis de experiência, sendo similar entre os sexos. As respostas fisiológicas e perceptivas ao treino “Cindy” não diferiram estatisticamente entre os grupos. Nos 23 sujeitos, a contagem de leucócitos foi maior no pós-ex ($6,8$ para $11,8 \times 10^3/\mu\text{L}$) e voltou aos valores basais após 30 minutos ($p < 0,01$). Os níveis de neutrófilos ($3,3$ para $4,5 \times 10^3/\mu\text{L}$) e de linfócitos ($2,8$ para $5,9 \times 10^3 / \mu\text{L}$) foram maiores no pós-ex e voltaram aos valores basais após 24h, porém queda em linfócitos ($2,2 \times 10^3 / \mu\text{L}$) foi observada após 30 min ($p < 0,01$). As respostas de cortisol ($14,7$ para $17,0 \mu\text{g/dL}$) e lactato ($1,9$ para $13,5 \text{ mmol.l}^{-1}$) aumentaram no pós-ex, mas apenas o nível de lactato reduziu após 30 min ($4,7 \text{ mmol.l}^{-1}$) para todos os participantes. Os experientes tiveram, no pós-ex, maiores concentrações de leucócitos, linfócitos e cortisol do que os novatos. Não houve diferenças entre sexos na contagem diferencial de células brancas, exceto para monócito no pós-24h ($p < 0,01$). O nível de lactato foi maior nos homens do que nas mulheres no pós-ex e pós-30 min ($p < 0,01$). A creatina quinase aumentou no pós-ex ($174,9$ a $226,7 \text{ U.L}^{-1}$) e permaneceu elevada nas 24h para todos os participantes. Na comparação entre sexo, as concentrações de CK foram maiores nos homens nos três

primeiros momentos ($p < 0,01$). Quanto à atividade antioxidante, FRAP (84,09 para 106,27 mM sulfato ferroso/mL) e GPX (38,16 para 43,72 $\mu\text{g}/\text{Hb}$) aumentaram, enquanto a enzima SOD diminuiu no pós-30min (3286,18 para 2691,58 $\mu\text{g}/\text{Hb}$) para todos os participantes. Não houve diferença em TBARS no pós-30min. Uma única sessão de treinamento funcional de alta intensidade (protocolo “Cindy”) desencadeou oscilações agudas nas respostas hematológicas, marcadores de estresse e dano muscular, de forma similar a outros regimes de treinamento de alta intensidade. Os praticantes do grupo experiente mostraram maiores respostas em linfócitos e cortisol do que os participantes novatos. Mínimas diferenças na comparação entre sexos foram reveladas. Os resultados nos permitem sugerir que o protocolo “Cindy”, nas condições em que foi realizado e avaliado, pode ser igualmente utilizado para praticantes novatos, experientes, homens e mulheres.

Palavras-chaves: Exercícios em Circuitos; Treinamento Intervalado de Alta Intensidade; Sistema Imunitário; Estresse Oxidativo.

Número de páginas: 118

ABSTRACT

Gomes, J.H. 2021. **Acute leucocyte, muscle damage, stress marker and redox status responses to high-intensity functional training in humans.**

High-intensity functional training (HIFT) programs have become increasingly popular, with a significant increase in the number of practitioners, being designed to improve body composition, anaerobic capacity and cardiovascular fitness. However, the scientific literature lacks information about changes in acute physiological and immunological responses to HIFT and how they can occur, and whether these responses are different according to level of experience and sex. Therefore, the objective of this thesis was to analyze the acute responses of the “Cindy” protocol, as part of a CrossFit® training session, on the immune system, muscle damage, stress markers and the redox status of its practitioners. Specifically, the hypotheses tested were as follows: a single ‘Cindy’ workout session would induce perturbations in immune parameters after a training session, and less experienced practitioners would be more susceptible to these changes when compared to more experienced practitioners, in the same way women when compared to men. In the current study, twenty-three adult practitioners (31.0 ± 1.0 years) of CrossFit® underwent a single training session (“Cindy” protocol). Subgroup analysis was carried out, being: novices ($n = 10$) x experienced ($n = 13$); men ($n = 12$) x women ($n = 11$). All protocols used in the present study were approved by the Research Ethics Committee of Federal University of Sergipe and the study was registered with ReBEC. Blood samples were evaluated for lactate, cortisol, creatine kinase (CK), total and differential leukocyte count, thiobarbituric acid reactive substances (TBARS); ferric reducing antioxidant power (FRAP), glutathione peroxidase (GPX); superoxide dismutase (SOD). These variables were assessed before (pre-ex), immediately after (post-ex), 30 minutes (post-30min) and 24 hours after (post-24h) exercise. The number of rounds differed only in the comparison between levels of experience, being similar between sexes. The physiological and perceptual responses to the “Cindy” training did not differ statistically between the groups. For the 23 subjects, the leukocyte count was higher in the post-ex (6.8 to $11.8 \times 10^3/\mu\text{L}$) and returned to baseline values after 30 minutes ($p < 0.01$). The levels of neutrophils (3.3 to $4.5 \times 10^3/\mu\text{L}$) and lymphocytes (2.8 to $5.9 \times 10^3 / \mu\text{L}$) were higher post-ex and returned to baseline values after 24 h, but a decrease in lymphocytes ($2.2 \times 10^3 / \mu\text{L}$) was observed after 30 min ($p < 0.01$). CK increased in the post-ex (174.9 a 226.7 U.L^{-1}) and remained elevated until 24 h. The responses of cortisol (14.7 to $17.0 \mu\text{g/dL}$) and lactate (1.9 to 13.5 mmol.l^{-1}) increased in the post-ex, but only the lactate level was reduced after 30 min (4.7 mmol.l^{-1}). As for the antioxidant activity, FRAP (84.09 to $106.27 \text{ mM ferrous sulfate/mL}$) and GPX (38.16 to $43.72 \mu\text{g/Hb}$) increased, while the SOD enzyme decreased in the post-30min (3286.18 to $2691.58 \mu\text{g/Hb}$) for all participants. There is no difference in TBARS at post-30min. One single HIFT session elicited significant acute perturbations in WBC count, stress markers, and muscle tissue, similarly to other high-intensity training regimens of the kind. It is noteworthy that the experienced participants showed greater lymphocyte and cortisol responses than the novice ones did. A small number of variables presented more intense alterations in men than in women. These results revealed that this protocol,

in the conditions it was carried out and evaluated, is reliable and can be used equally for novice, experienced, men and women practitioners.

Key-words: Circuit-Based Exercise; High-Intensity Interval Training; Immune System; Oxidative Stress

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Treinamento Funcional de Alta intensidade (HIFT)	16
2.2 Sistema Imune e exercício físico	20
2.3 Dano Muscular e exercício físico	27
2.4 Hormônios do estresse e exercício físico	30
2.5 Estresse oxidativo e exercício físico	32
2.6 Exercício físico e nível de experiência	35
2.7 Exercício físico e sexo	37
3 OBJETIVOS	40
3.1 Objetivo geral	40
3.2 Objetivos específicos	40
3.2.1 Objetivo Específico 1: Novatos x Experientes.....	40
3.2.2 Objetivo Específico 2: Homens x Mulheres.....	40
3.2.3 Objetivo Específico 3: Correlações entre as variáveis.....	40
4 HIPÓTESE	41
5 CASUÍSTICA E MÉTODOS	42
5.1 Campo de estudo	42
5.2 Delineamento experimental	42
5.3 Amostra	43
5.4 Aprovações éticas	44
5.5 Avaliações físicas	44
5.5.1 Avaliação antropométrica.....	44
5.5.2 Avaliação da força máxima.....	45
5.5.3 Avaliação da capacidade aeróbia.....	45
5.6 Intervenção	46
5.6.1 Protocolo de treino “Cindy”.....	46
5.6.2 Padronização do café da manhã.....	49
5.7 Coleta de sangue e análises bioquímicas	49
5.7.1 Contagem total e diferencial dos leucócitos.....	50
5.7.2 Creatina quinase.....	51
5.7.3 Cortisol.....	51

5.7.4 Lactato Sanguíneo.....	52
5.7.5 Determinação da peroxidação lipídica pelo método de TBARS	52
5.7.6 Capacidade antioxidante pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power).....	52
5.7.7 Determinação da atividade da superóxido dismutase	52
5.7.8 Determinação da atividade da glutatona peroxidase	53
5.8 Análise estatística.....	53
6 RESULTADOS	54
6.1 Marcadores de estresse	57
6.2 Leucócitos	62
6.3 Dano muscular.....	69
6.4 Estado redox	72
6.5 Correlações entre as variáveis.....	74
7 DISCUSSÃO	75
8 CONCLUSÃO	86
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS.....	87
REFERÊNCIAS.....	89
APÊNDICES.....	103
APÊNDICE 1 - Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE	103
APÊNDICE 2 - Documento de Aprovação do Comitê de Ética em pesquisa.....	109
APÊNDICE 3 - Documento do Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos.....	110
APÊNDICE 4 - Termo de anuência	111
ANEXOS	112
ANEXO 1 - DOI do artigo publicado.....	112
ANEXO 2 - Comprovante de submissão do artigo II.....	113
ANEXO 3 - TEXTO PARA A COMUNIDADE I	115
ANEXO 4 - TEXTO PARA A COMUNIDADE II	118

1 INTRODUÇÃO

O treinamento funcional de alta intensidade (HIFT – *High-Intensity Functional Training*) é um regime de exercício praticado de forma recreacional - participantes de vários níveis de aptidão física, experiência de treinamento, idade e estilo de vida - e de forma competitiva, sendo considerado uma modalidade esportiva (Mangine *et al.*, 2020; Thompson, 2019; Tibana *et al.*, 2019). Este regime de exercícios é caracterizado pela alta intensidade e pela variação constante de movimentos funcionais, sendo frequentemente realizado em repetições intensas e sucessivas com limitado ou nenhum tempo de recuperação (Falk Neto *et al.*, 2020; Tibana *et al.*, 2016; Tibana *et al.*, 2019; Tibana e Sousa, 2018).

O HIFT reúne resistência, potência e força motora na mesma sessão de treino, simultaneamente, tornando-o diferente de qualquer outro tipo de modalidade esportiva ou de exercício. É considerado um dos programas de treinamento físico mais abrangentes, pois requer todos os domínios do condicionamento físico (Cadejani, Kater e Gazola, 2019).

O mais popular entre as modalidades de HIFT consiste no CrossFit®, um programa de exercícios de curta duração, alto volume e alta intensidade (Tibana *et al.*, 2019; Tibana *et al.*, 2019). O treinamento é organizado em sessões diárias chamadas de “*workout of the day*” (WOD). Muitos protocolos de treino no HIFT são baseados na conclusão de um certo número de repetições, o mais rápido possível - conhecido na língua inglesa como “*for time*” - ou numa série de exercícios dentro de um determinado período - conhecido como “*as many rounds as possible*” (Claudino *et al.*, 2018). Importante destacar que independentemente do WOD, o praticante tem o controle do tempo de intervalo entre *rounds* ou exercícios, apesar de estimulado a tentar reduzir o período de descanso. Sendo assim, tendo em vista as adaptações multilaterais e o tempo de esforço relativamente curto, o método HIFT pode ser valioso para indivíduos ativos e inativos (Wilke e Mohr, 2020).

No entanto, mesmo com o praticante tendo esse controle de seu esforço durante o treino, os programas de HIFT parecem não seguir as normas no desenvolvimento da aptidão física segura e adequada, levando a possíveis riscos à saúde (Meyer, Morrison e Zuniga, 2017; Weisenthal *et al.*, 2014). Apesar da popularidade do HIFT, poucos

estudos consideraram o impacto de única sessão de treinamento sobre as mais diversas variáveis fisiológicas, como marcadores hematológicos, metabólicos, de estado *redox*, bem como aspectos hormonais (Cadeiani, Kater e Gazola, 2019; Mangine *et al.*, 2020; Tibana *et al.*, 2016).

De acordo com o recente estudo de Simpson *et al.* (2020), exercícios árduos, como os praticados por atletas e militares, têm sido associados à supressão da imunidade da mucosa e celular, e aumento dos sintomas de infecções do trato respiratório superior (ITRS) - tosse, resfriado, gripe, sinusite, amigdalite, outras infecções de garganta e infecções do ouvido médio, reativação viral latente e resposta imune prejudicada à vacina e novos antígenos. O treinamento extensivo tem o potencial de alterar temporariamente a proteção imunológica, aumentar o risco de infecção ou induzir processos inflamatórios nas vias aéreas (Łagowska e Bajerska, 2021).

A imunossupressão induzida pelo exercício tem origem multifatorial, dependendo de mecanismos relacionados aos sistemas neuro-imune-endócrinos. As evidências mostram que períodos prolongados de treinamento intenso podem levar ao aumento do número de neutrófilos e queda de linfócitos no hemograma, comprometimento da fagocitose e da função neutrofílica, diminuição da atividade do *burst* oxidativo, atividade citolítica de células exterminadoras naturais (NK, *Natural Killer Cell*) e níveis de imunoglobulina na mucosa (Moreira *et al.*, 2009). O treinamento intenso também aumenta a liberação de citocinas pró-inflamatórias, como fator de necrose tumoral alfa (TNF α), interleucina-1b (IL-1b) e IL-6, seguido pela liberação de citocinas anti-inflamatórias, como IL-10 e antagonista do receptor de IL-1 (Hennigar, McClung e Pasiakos, 2017). Esses riscos supracitados são co-dependentes de fatores que regulam a função imunológica (genética, estado nutricional, estresse psicológico, ritmo circadiano interrompido), de estressores ambientais (temperaturas extremas, alérgenos, irritantes das vias aéreas) ou de condições de saúde subjacentes que promovem processos inflamatórios (Simpson *et al.*, 2020). Essas infecções do trato respiratório superior podem levar ao afastamento da escola e do trabalho, além de custos com consulta médica e uso de medicamentos de venda livre (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013).

Adicionalmente, diante do atual cenário de pandemia do SARS-COV2, é necessário ponderar a decisão de realizar exercícios físicos que eventualmente possam

provocar queda na resposta imunológica. Portanto, acredita ser extremamente relevante investigar as consequências de uma sessão de exercícios físicos de alta intensidade na saúde das pessoas, considerando, principalmente, segundo Feito *et al.*, (2018), que indivíduos com diferentes níveis de experiência, tanto homens quanto mulheres, têm praticado HIFT com frequências cada vez maiores. Adicionalmente, caso sejam identificadas respostas distintas entre novatos e experientes, ou entre homens e mulheres, surge a necessidade de se criar protocolos de treinamento específicos para praticantes de características diferentes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Treinamento Funcional de Alta intensidade (HIFT)

Os programas de HIFT têm sido considerados a forma mais contemporânea de treinamento físico encontrada no mundo (Tibana e Sousa, 2018). Os mais conhecidos dentre esses programas são o CrossFit®, *Insanity* e *Gym Jones*. O HIFT geralmente apresenta variados tipos de exercícios e métodos de condicionamento físico, tais como o treinamento de força com barras, *kettlebells* (bola de ferro fundido com uma alça) e o próprio peso do corpo, sendo realizados em ações explosivas, podendo estar associados a exercícios de *sprint* (acelerações de velocidade) e flexibilidade (Claudino *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, observou-se uma popularização mundial em larga escala do HIFT, principalmente devido ao caráter desafiador e motivacional, o que contribuiu para aumento exponencial do número de praticantes (Tibana e Sousa, 2018). De acordo com os *Centers for Disease Control and Prevention* (2013), o rápido crescimento da popularidade do HIFT pode ter implicações positivas na saúde pública, pois tornou-se uma opção para prática regular de exercícios físicos, provocando adesão de pessoas inativas. Praticando essa modalidade de exercícios, encontram-se indivíduos saudáveis, com sobrepeso, diabéticos e hipertensos (Heinrich *et al.*, 2015).

Uma das vantagens do HIFT é o fato de que os participantes podem realizar os exercícios em locais que não sejam a sala de musculação, sendo atrativo para aqueles que preferem espaços diferentes dos tradicionais das academias de ginástica (Fisher *et al.*, 2017).

Dentre os programas de HIFT, o CrossFit® é a modalidade mais reconhecida, tendo seu primeiro *box* (nome dado ao centro de treinamento) em 2001, na Califórnia-USA. Atualmente, existem mais de 13.000 *boxers* afiliados e mais de 1.000.000 de pessoas praticando essa modalidade pelo mundo (Feito, Burrows e Tabb, 2018), como também mais de 400.000 participantes em competições internacionais conhecidas como *CrossFit® Games* (Mangine *et al.*, 2020; Schlegel, 2020). Segundo Glassman (2002) este programa de treinamento de força e condicionamento é utilizado para otimizar a valência física em dez domínios da aptidão física, conforme apresenta a figura 1.



FIGURA 1. Dez domínios da aptidão física potencialmente otimizados pelo CrossFit®.

Para Glassman (2007), a metodologia dessa modalidade de treinamento é totalmente empírica, pois o mesmo reconhece que só será possível entender as repercussões positivas e negativas do HIFT, como qualquer outro programa de condicionamento físico, se fatos mensuráveis, observáveis e repetíveis começarem a ser investigados. Desta forma, devido ao seu surgimento recente, as repercussões na saúde são melhor compreendidas pelo uso integrado das mais recentes e importantes tendências de condicionamento físico, como treinamento intervalado de alta intensidade, treinamento em grupo, treinamento de força e funcional, que demonstraram fortes evidências de melhora do condicionamento físico, da dislipidemia, dos aspectos cardiovasculares e melhora da sensibilidade à insulina (Tibana e Sousa, 2018).

A sessão de treinamento geralmente é chamada de "*workout of the day*" (WOD). Com objetivo de variar os movimentos funcionais constantemente, o CrossFit® utiliza de exercícios de ginástica (paradas de mão, argolas, entre outros), exercícios de levantamento de peso (agachamentos com barra e variações) e atividades

cardiovasculares (corrida, remo, entre outros) como atividades para compor a sessão de treino (Glassman, 2007). A figura 2 apresenta alguns desses movimentos.



FIGURA 2. Exercícios comumente realizados no CrossFit®.

Fonte: Compilação do autor¹

¹Montagem a partir de imagens coletadas no site:
<https://br.pinterest.com/pin/613967361692140946/>

A principais diferenças do HIFT em relação aos outros métodos, como o Treinamento Intervalado de Alta Intensidade (HIIT), estão no padrão de movimento e intervalo de descanso. Quanto ao padrão de movimento, o método HIFT utiliza-se de movimentos funcionais, que são aqueles que envolvem todo o corpo, com padrões universais de recrutamento motor em múltiplos planos de movimento. Já o método HIIT

é aplicado em exercícios unimodais, como corrida, ciclismo, natação e remo (Feito *et al.*, 2018).

A outra diferença entre os métodos supracitados é o reduzido ou nenhum intervalo de descanso no HIFT (Claudino *et al.*, 2018). Muitos protocolos de treino no HIFT são baseados na conclusão de um certo número de repetições o mais rápido possível - conhecido na língua inglesa como “*for time*” - ou numa série de exercícios dentro de um determinado período - conhecido como “*as many rounds as possible*” (AMRAP). A natureza das sessões de HIFT preconiza que os intervalos de descanso ou recuperação durante o treino sejam fundamentados no nível de condicionamento físico atual de cada praticante; portanto, esses intervalos costumam ser curtos e não prescritos, sendo considerados “conforme a necessidade” durante toda a sessão de exercícios. Isso difere da maioria dos protocolos de HIIT, os quais têm intervalos de recuperação pré-determinados em pontos específicos durante o treino, que normalmente são mais longos (Feito *et al.*, 2018).

No que se refere as percepções subjetivas, Drum, Bellovary e Jensen *et al.* (2017) compararam o treinamento CrossFit® com o treinamento baseado nas recomendações do ACSM (Garber *et al.*, 2011). Os participantes descreveram o treinamento do CrossFit® como mais extenuante, com percepção de esforço classificada como “muito difícil”, além de maiores fadiga e dor, expressivos edemas musculares, e dificuldades de movimentar os membros superiores e inferiores durante ou nas 48 horas após o treino (Drum *et al.*, 2017).

Os *workouts of the day* mais praticados e considerados mais difíceis são: “*Fran*”, “*Murph*”, “*Fight Gone Bad*”, “*Helen*”, “*Filthy Fifty*” e “*Cindy*”. “*Fran*” e “*Cindy*” apresentaram maiores valores percentuais da frequência cardíaca máxima (FC_{max}), do percentual de consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$), da concentração de lactato sanguíneo e percepção de esforço (Fernández-Fernández *et al.*, 2015). Um estudo comparou as alterações da FC durante 20min do protocolo “*Cindy*” (AMRAP de 5 barras, 10 flexões de braços e 15 agachamento livres) e 20min de corrida em alta intensidade (>90% da FC_{max}) na esteira (Kliszczewicz *et al.*, 2015). Os resultados apontaram que o protocolo “*Cindy*” causou esforço cardiovascular de seus praticantes similar ao dos praticantes da esteira.

Alguns estudos alertaram sobre possíveis riscos à saúde de praticantes de HIFT, principalmente do que se refere às lesões musculoesqueléticas (Meyer, Morrison e Zuniga, 2017; Weisenthal *et al.*, 2014). Contudo, após alguns anos, estudos de revisão sistemática identificaram, especificamente na modalidade CrossFit[®], baixo risco de lesões em seus praticantes (Gardiner, Devereux e Beato, 2020; Gean *et al.*, 2020; Rodríguez *et al.*, 2021). Para Tibana e Sousa, (2018), um ambiente seguro e devidamente monitorado, com uso adequado de carga, execução correta de padrões de movimento e priorização da técnica ao invés do desempenho, diminui o risco de lesão musculoesquelética.

No entanto, se por um lado o volume de trabalhos que investigaram risco de lesões no CrossFit[®] já tenha sido suficiente para a organização de uma revisão sistemática sobre o tema, por outro lado, outros possíveis desfechos negativos, como uma possível queda da resposta imune, permanecem pouco explorados.

2.2 Sistema Imune e exercício físico

O sistema imune (SI) é constituído por uma complexa rede de células e moléculas dispersas por todo o organismo e se caracteriza biologicamente pela capacidade de reconhecer especificamente determinadas estruturas moleculares ou antígenos, e desenvolver uma resposta efetora diante destes estímulos, provocando sua destruição ou inativação (Martínez e Alvarez-Mon, 1999). O SI consiste de dois ramos: imunidade inata e adaptativa (QUADRO 1).

QUADRO 1. Células e moléculas solúveis do sistema imunológico.

Componente	Imunidade inata	Imunidade adquirida
Células	Fagócitos (células dendríticas, macrófagos e neutrófilos) Células natural killer (NK) Mastócitos, basófilos e eosinófilos	Linfócitos T, B e NK/T Células dendríticas ou apresentadoras de antígenos (APCs)
Moléculas solúveis	Complemento Proteínas de fase aguda Citocinas Quimiocinas	Anticorpos Citocinas Quimiocinas

Adaptado de Cruvinel *et al.*, 2010.

A tentativa de um agente infeccioso entrar no corpo ativa imediatamente a imunidade inata. Esta primeira linha de defesa inclui as barreiras físicas, mecânicas, químicas e biológicas - participação de células como macrófagos, neutrófilos, células dendríticas, células *natural killers* (NK), moléculas microbidas como o óxido nítrico (NO) e ânion superóxido (Simpson *et al.*, 2015).

Os neutrófilos são o tipo mais abundante de leucócitos (Martínez e Alvarez-Mon, 1999). Eles são a principal célula de uma subpopulação de leucócitos denominada granulócitos. Outros tipos de granulócitos são os eosinófilos e basófilos (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013). As células fagocíticas destroem microrganismos engolfando-os e liberando substâncias tóxicas, incluindo espécies reativas de oxigênio e enzimas digestivas, no microrganismo para matá-lo e degradá-lo (Cruvinel *et al.*, 2010). Fatores solúveis, como complemento, proteínas de fase aguda, lisozima e citocinas, ajudam a aumentar a resposta inata, além de estarem envolvidos diretamente nos processos de morte (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013).

Se um agente infeccioso ultrapassar os mecanismos de defesa inatos do hospedeiro, a resposta imune adaptativa é ativada. Esta envolve principalmente linfócitos T (TCD4+ e TCD8+) e B e seus produtos, citocinas e anticorpos, respectivamente. A resposta adaptativa se divide em resposta imune humoral - mediada por anticorpos - e celular - mediada por células, tais como linfócitos T e macrófagos (Terra *et al.*, 2012). Após a fagocitose, macrófagos e células dendríticas incorporam partes do patógeno (antígenos) do microrganismo digerido em sua própria membrana de superfície celular e as apresentam aos linfócitos T. A ativação de receptores *Toll-like* na superfície das células apresentadoras de antígenos por moléculas microbianas resulta na indução de moléculas co-estimulatórias e ativação de células T (Mesquita Júnior *et al.*, 2010).

Existem várias subpopulações de linfócitos T. A presença de um antígeno na superfície de uma célula de macrófago estimula as células T a se dividirem e proliferarem nessas subpopulações. As células T auxiliares (Th) coordenam a resposta imune adquirida mediada por células. Eles ativam células T-citotóxicas (Tc) e células B. As células Tc destroem as células infectadas e são as principais células efetoras da imunidade mediada por células (Mesquita Júnior *et al.*, 2010). As células B proliferam em células plasmáticas. Estes secretam grandes quantidades de anticorpos (ou

imunoglobulinas) específicos no antígeno que desencadeou a resposta imune (Leandro *et al.*, 2002). A função imunológica em humanos é afetada por fatores genéticos e ambientais, como idade, exercício, sexo, estado nutricional, exposição anterior a patógenos, sono e estresse psicológico (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013).

Antes da década de 70, poucos estudos tinham sido realizados no intuito de investigar a relação entre o exercício físico e o sistema imune. Segundo Nieman *et al.* (1990), o primeiro desses poucos estudos, realizado em 1902, verificou leucocitose em corredores após uma maratona, decorrente, sobretudo, do aumento do número de neutrófilos na circulação. A partir dessa década, houve um crescimento exponencial das pesquisas buscando entender essa relação, especialmente devido ao avanço tecnológico. Nesse sentido, estudos realizados com atletas e, principalmente indivíduos não-atletas, assumem grande relevância no que cerne à resposta imune, com repercussões, inclusive, do ponto de vista da saúde pública (Rosa e Vaisberg, 2002).

O exercício físico proporciona um desafio na homeostase de todo o corpo, pois, enquanto modelo mensurável de indução de estresse, provoca alterações funcionais no SI, sendo que diferentes tipos e cargas - intensidade, duração e frequência - de exercícios físicos podem provocar alterações distintas em cada componente envolvido na resposta imunológica - leucócitos, linfócitos, neutrófilos, células *natural killers*, macrófagos, e conseqüentemente na concentração das citocinas IL-1, IL-6, IL-8, IL-10, TNF- α e imunoglobulinas IgA, IgD, IgE, IgG, IgM (Rosa e Vaisberg, 2002; Terra *et al.*, 2012).

A resposta ao estresse promovido pelo exercício físico se traduz em modificações tanto bioquímicas, como endócrinas, hematológicas e fisiológicas (Brooks, 2018; Colbey *et al.*, 2018; Magherini *et al.*, 2019; Owens, Daniel J. *et al.*, 2019; Simpson *et al.*, 2020). Rosa e Vaisberg (2002) destacam que os mecanismos moduladores da resposta imunológica ao exercício físico podem ser divididos em:

- hormonais – ação de adrenalina, cortisol, hormônio do crescimento (GH) e peptídeos opióides (endorfinas);
- metabólicos – promovidos pela glutamina, hipóxia e hipertermia;
- mecânicos – mediados pelo dano muscular.

As respostas do SI frente ao exercício físico podem ser entendidas como aguda e crônica. Segundo Rosa e Vaisberg (2002), a resposta aguda é uma reação transitória ao

estresse provocado por uma sessão de treinamento, enquanto a crônica provoca uma atenuação da resposta imune, permitindo ao organismo suportar mais adequadamente o estresse provocado. E tais alterações, agudas e crônicas, também podem ser influenciadas pela intensidade do exercício (FIGURA 3).

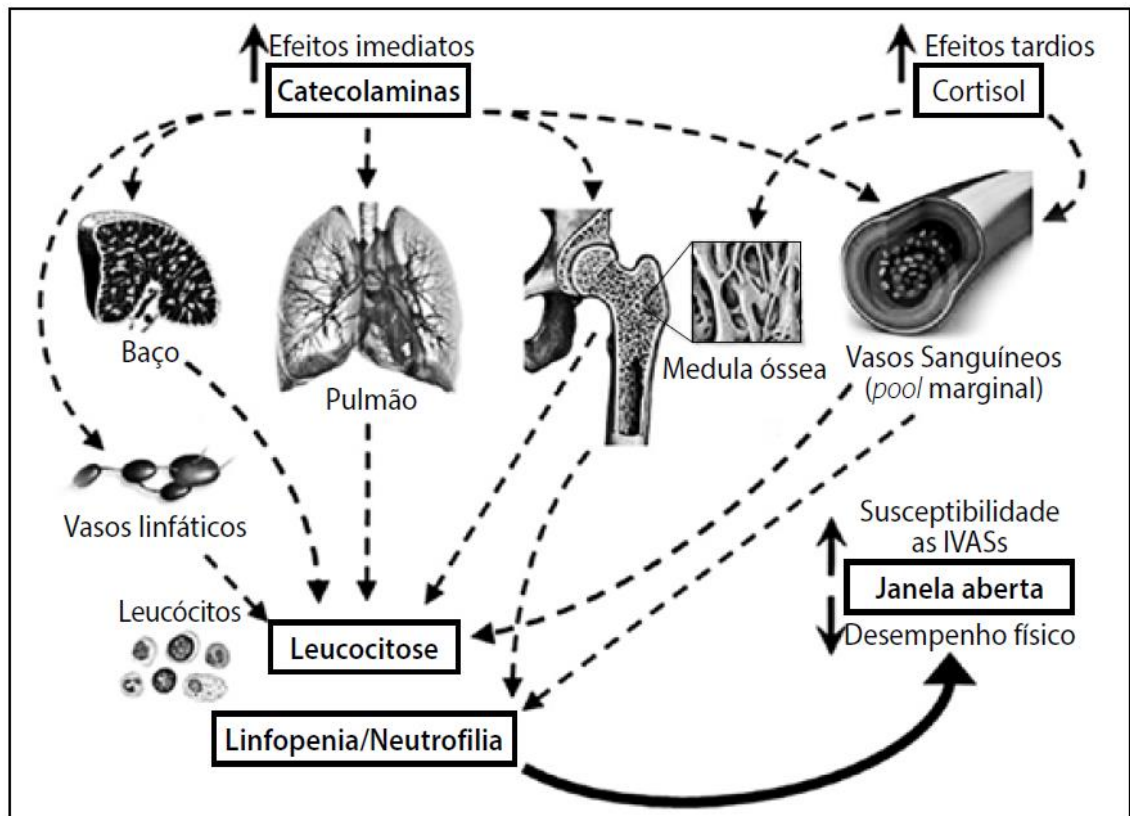


FIGURA 3. Possíveis locais de mobilização dos leucócitos no sangue, em decorrência dos efeitos imediatos exercidos pelas catecolaminas, bem como efeitos tardios exercidos pelo cortisol (Dias et al., 2017).

O exercício moderado (<60% do $VO_{2m\acute{a}x}$) parece estar relacionado ao aumento dos mecanismos de defesa imunológica, podendo levar à redução na ocorrência de infecções, especialmente do trato respiratório superior. Em contrapartida, o exercício mais intenso ($\geq 60\%$ do $VO_{2m\acute{a}x}$) e prolongado, ou o treino excessivo com períodos insuficientes de recuperação, parecem reduzir a resposta imunológica, aumentando a susceptibilidade à infecções do trato respiratório superior (Brines, Hoffman-Goetz e Pedersen, 1996; Nieman *et al.*, 1990; Turner e Brum, 2017), conforme apresentado na figura 4.

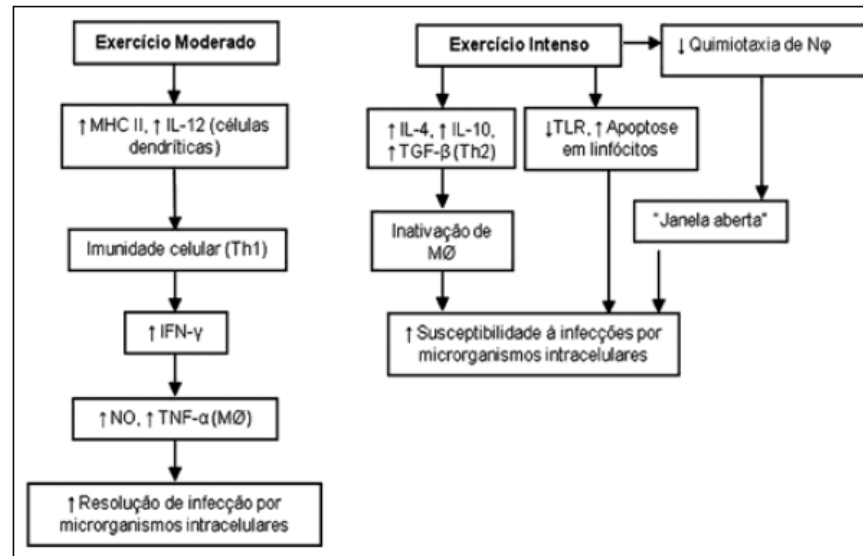


FIGURA 4. Resumo dos efeitos do exercício físico de intensidade moderada e intensa na resposta imunológica. O exercício moderado promove alterações em parâmetros do sistema imunológico, resultando em uma melhor resolução de infecções por microrganismos intracelulares, enquanto no exercício intenso estas alterações resultam no aumento da susceptibilidade à infecções por esses microrganismos (Terra et al., 2012). MØ – macrófagos, Nφ – neutrófilos.

As alterações imunológicas induzidas pelo exercício intenso têm origem multifatorial, dependendo de mecanismos relacionados aos sistemas neuro-imune-endócrino (Moreira *et al.*, 2009). Pedersen e Bruunsgaard (1995) ressaltaram que esse fenômeno parece ocorrer somente quando a duração é superior a 60 minutos. Em contrapartida, Pedersen e Hoffman-Goetz (2000) defenderam a ideia de que sessões de treinamento com cargas elevadas em atletas, mesmo com duração inferior a 60 minutos, podem provocar uma resposta imunológica supressora, em decorrência do estresse fisiológico, possivelmente induzindo a instalação da “Janela Aberta” provisória e aumentos nos episódios de infecções do trato respiratório superior.

O exercício intenso (> 60% do VO_{2max}) parece causar alterações dependentes de tempo nos leucócitos. Imediatamente após o término da sessão de treinamento é observada elevação significativa dos leucócitos, seguida de redução significativa nas concentrações dessas células, especialmente linfócitos, inclusive para valores inferiores aos observados em repouso (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

Foi observado que exercícios físicos intensos e de curta duração elevaram o número total de leucócitos no sangue numa relação diretamente proporcional à

intensidade do exercício, sendo que, este aumento ocorre principalmente na série granulocítica e, em especial, nos polimorfonucleares (Risoy *et al.*, 2003). Este aumento da concentração de neutrófilos parece resultar da migração de células do tecido endotelial no sangue (demarginalização) ou como parte da resposta inflamatória às lesões no tecido muscular (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

Neutrófilos desempenham papel fundamental na resposta imune inata, estando envolvidos em diversos processos inflamatórios, inclusive aqueles advindos do tecido muscular que foram promovidos pelo exercício (Terra *et al.*, 2012). Além do papel na defesa imune, essas células também são responsáveis por iniciar o processo de reparação tecidual, que posteriormente passa a ser gerenciado pelos macrófagos (Butterfield, Best e Merrick, 2006).

Peake *et al.* (2004) estudaram a influência da intensidade da corrida na resposta inflamatória primária e identificaram que o total de leucócitos circulantes e neutrófilos foram maiores para aqueles que correram 60 min em alta intensidade (85% do VO_{2max}) em comparação com os que correram em baixa intensidade (60% VO_{2max}), imediatamente e 1h após o exercício.

O número de linfócitos também aumenta, em menor escala, quando comparado aos neutrófilos, apresentando uma variabilidade que depende principalmente da intensidade e duração do estímulo a que o indivíduo é submetido. A linfocitose decorrida é caracterizada pelo aumento das células T, CD41, CD81, CD191, células B, natural killer, seguido de uma elevação das subpopulações de linfócitos, principalmente os CD8+ e CD4+, no compartimento vascular (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000). O recrutamento das populações de linfócitos no compartimento vascular durante o exercício físico parece ser mediado pelas catecolaminas - adrenalina, e em menor grau pela noradrenalina (Simpson *et al.*, 2007).

Durante as fases iniciais de recuperação, normalmente 30 minutos a 2 horas após a cessação do exercício de diferentes durações, a contagem de linfócitos no sangue cai abaixo dos valores de repouso e retorna naturalmente aos valores normais dentro de 6 a 24 h (Pedersen e Toft, 2000). Estas alterações podem ser atribuídas à eliminação através de morte celular programada (apoptose), ao movimento de células a partir da circulação (migração), ou uma combinação de ambos (Navalta, Sedlock e Park, 2007).

Essa queda de linfócitos, minutos depois de encerrar o exercício, abaixo dos níveis iniciais, parece estar relacionada à redução dos níveis de adrenalina, seguido de um aumento na concentração de cortisol (efeito persistente do cortisol), podendo provocar um efeito imunossupressor (Simpson *et al.*, 2007). O quadro 2 apresenta as respostas das variáveis imunológicas durante e após o exercício intenso.

QUADRO 2. Respostas das variáveis imunológicas durante e após o exercício intenso.

Parâmetros imunológicos	Efeitos imediatos (Catecolaminas)	Efeitos tardios (Cortisol)
Contagem dos Leucócitos	↑	↑↑
Contagem dos Neutrófilos Totais	↑	↑↑
Contagem dos Monócitos	←→	↑
Contagem dos Linfócitos Totais	↑	↓
Contagem dos Linfócitos T (CD4+)	↑	↓
Contagem dos Linfócitos T (CD8+)	↑	↓
Contagem dos Linfócitos B (CD19+)	↑	↓
Contagem dos Linfócitos NK (CD16+56+)	↑	↓
Apoptose dos Linfócitos	↑	↑
Proliferação dos Linfócitos	↓	↓
Concentração de Ig-A salivar	↓	↓
Citotoxicidade dos Linfócitos NK	↑	↓
Concentração Sérica de TNF- α	↑	↑
Concentração Sérica de IL-1 β	↑	↑
Concentração Sérica de IL-6	↑↑	↑

Adaptado de Dias *et al.*, 2017.

Tibana *et al.* (2016) encontraram diminuição das citocinas anti-inflamatórias após dois dias consecutivos de sessões de treinamento CrossFit®. A IL-6 exibiu um aumento imediatamente após o treinamento do WOD 1 e WOD 2, enquanto a IL-10 exibiu um aumento imediatamente após o WOD 1 apenas e diminuiu nas 24 e 48 h após o WOD 2, quando comparada aos valores basais. Outro estudo, realizado com exercícios de treinamento resistido (musculação tradicional), porém utilizando metodologia similar ao HIFT, também identificou elevadas concentrações de IL-6 imediatamente a sessão de treinamento (Heavens *et al.*, 2014).

Apenas um estudo avaliou cronicamente as respostas imunológicas em

praticantes de HIFT (Poderoso *et al.*, 2019). Os autores não observaram alteração ao longo de seis meses de treinamento de CrossFit® em ambos os sexos para TCD4+. No entanto, identificaram diminuição dos valores basais dos linfócitos TCD8+ durante os primeiros quatro meses de treinamento, com retorno aos valores basais após seis meses, em ambos os sexos.

Apesar de vastamente estudada a relação entre células imunológicas e exercício físico, não foram identificados estudos analisando as respostas agudas no número total e diferencial de leucócitos em indivíduos não-atletas submetidos a um protocolo de HIFT.

2.3 Dano Muscular e exercício físico

O dano muscular induzido pelo exercício físico (EIMD) tem sido foco de estudos por mais de 30 anos nas pesquisas em ciências do exercício e do esporte. O EIMD é caracterizado por sintomas que se manifestam imediatamente e podem durar até 14 dias após a primeira sessão de exercícios (Owens, Daniel J. *et al.*, 2019).

As alterações mecânicas e o estresse metabólico associado ao EIMD estimulam vários tipos de células que compõem o músculo esquelético para iniciar o reparo e remodelamento subsequente do tecido (Peake, Neubauer, Gatta, Della, *et al.*, 2017). Essa alteração mecânica, devido ao alongamento muscular sob tensão, é considerado o fator mais determinante do dano muscular, enquanto o estresse metabólico parece resultar das deficiências metabólicas ocorridas nas próprias fibras ativadas, que podem aumentar a vulnerabilidade das mesmas, durante o exercício (Tee, Bosch e Lambert, 2007).

O EIMD caracteriza-se por ruptura muscular ultra-estrutural transitória, perda de força e potência muscular, dor muscular de início tardio, edema, amplitude de movimento reduzida do membro afetado, efluxo sistêmico de enzimas e aumento da permeabilidade da membrana muscular, causando vazamento de proteínas musculares - creatina quinase (CK) e mioglobina (Mb) - na circulação (Mackey e Kjaer, 2017; Owens, Daniel J. *et al.*, 2019; Peake, Neubauer, Gatta, Della, *et al.*, 2017).

Segundo Peake *et al.* (2017), o EIMD pode ser dividido em duas fases, a saber: i) primeira fase - resulta do estresse mecânico e metabólico provocado por uma sessão de

exercícios, levando a um estímulo prejudicial; ii) segunda fase - ocorre no pós-exercício e envolve uma resposta inflamatória. Durante a fase secundária, é observada uma perda temporária da capacidade funcional do músculo, associada a dor muscular (FIGURA 5).

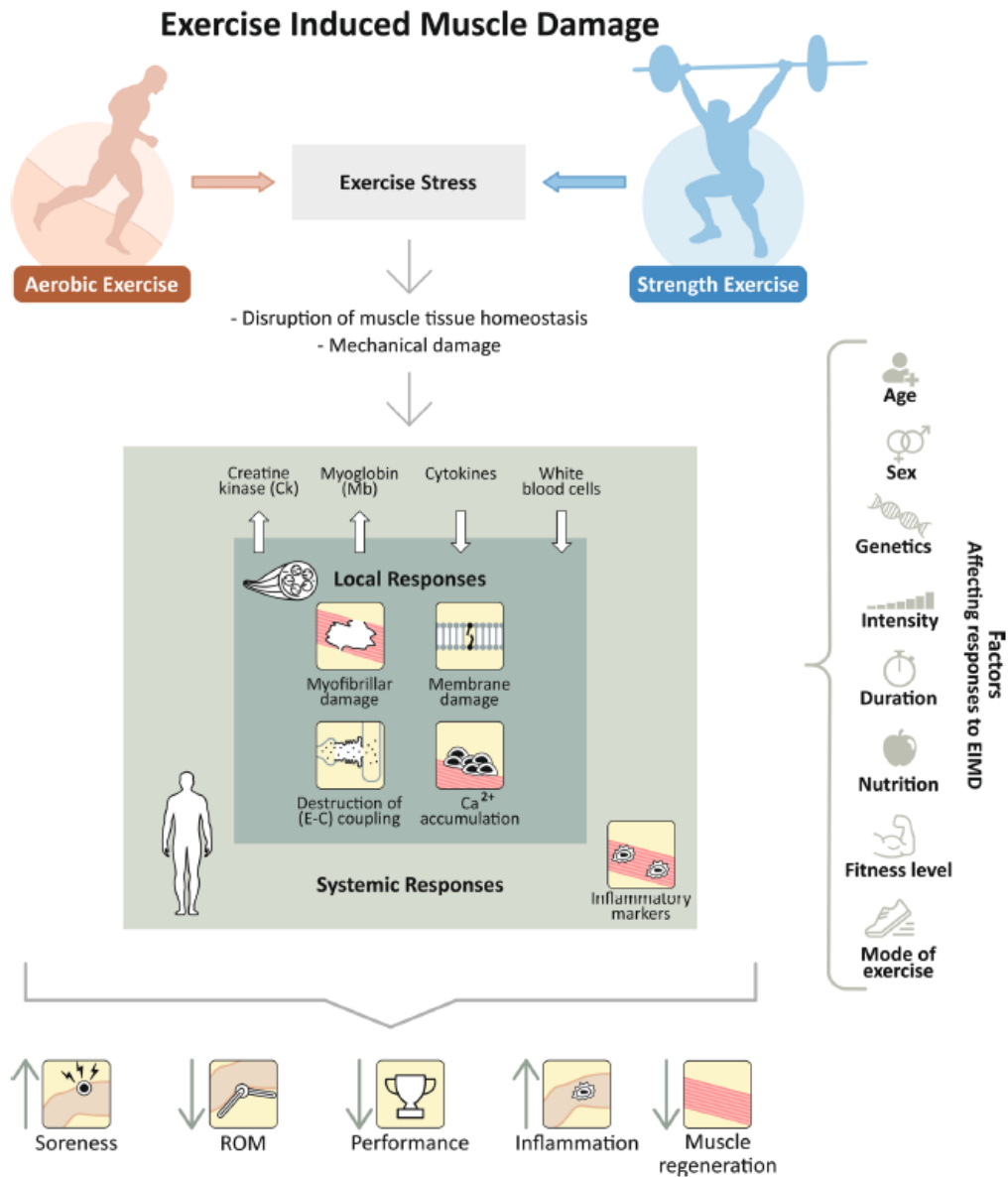


FIGURA 5. Representação esquemática das causas, processos fisiológicos e as consequências do dano muscular induzido pelo exercício (EIMD) (Markus et al., 2021). ROM – range of motion (amplitude de movimento).

As células musculares não têm capacidade regenerativa intrínseca, sendo assim a regeneração delas depende das células-tronco musculares residentes, conhecidas como células-satélite (Owens, Daniel J. *et al.*, 2019). As células satélites permanecem

“adormecidas” até serem ativadas por sinais apropriados que variam de eventos de sinalização intracelular a interações locais com a matriz extracelular e fatores sistêmicos circulantes, incluindo células inflamatórias e óxido nítrico (Yin, Price e Rudnicki, 2013).

O EIMD pode ser avaliado indiretamente usando uma variedade de métodos, incluindo marcadores sanguíneos, escalas de dor, medição da amplitude de movimento ou diretamente usando biópsias musculares (Markus *et al.*, 2021). Outra forma de se detectar o dano muscular é por meio da ressonância magnética (RNM), a qual apresenta alta capacidade de detectar mudanças precoces na estrutura e edema musculares. Entretanto, são escassos os estudos que utilizaram a RNM como forma de avaliar o dano muscular (Klemt *et al.*, 2020).

Os fatores que afetam a resposta do EIMD são: idade, sexo, genética, status nutricional, nível de treinabilidade, e tipo, intensidade e duração do exercício (Markus *et al.*, 2021). Na fase pós-exercício, em resposta ao dano causado nas fibras musculares, independentemente do exercício físico ser aeróbio ou de força, um aumento nas espécies reativas de oxigênio e moléculas inflamatórias será percebido como parte de um sistema de sinalização para iniciar o processo de recuperação (Webb *et al.*, 2017). As modalidades de exercício que geralmente resultam nesses sintomas são: treinamento de resistência, corrida prolongada, corrida em declive e exercício intermitente de alta intensidade (Leeder J *et al.*, 2014; Mackey e Kjaer, 2017).

As ações excêntricas fortes geralmente são as que mais levam a essas rupturas musculares ultra-estrutural. Elas têm menor ativação da unidade motora em comparação às contrações isométricas e concêntricas na mesma produção de força, o que coloca maior estresse mecânico em um menor número de fibras musculares durante o trabalho excêntrico (Enoka, 1996). A magnitude do dano muscular se torna exacerbada quando o movimento é realizado num comprimento muscular mais longo, com forças maiores e em velocidades angulares mais rápidas (Chapman *et al.*, 2006; Hyldahl, Chen e Nosaka, 2017).

Conforme ocorre o dano muscular, uma variedade de células imunes são recrutadas no local da lesão e o acúmulo dessas células resulta em edema muscular e um aumento na temperatura muscular (Owens, Daniel J. *et al.*, 2019). Acredita-se que esta resposta inflamatória pós-exercício, considerada fisiologicamente natural, tem um

papel vital na reparação de danos aos tecidos e no aumento da adaptação muscular (Bessa *et al.*, 2016).

Um dos marcadores sanguíneos mais conhecidos e importantes de dano muscular e indicador de permeabilidade da membrana muscular é a CK, cujas concentrações séricas costumam ser elevadas entre 24 a 48 h após o EIMD. A magnitude do aumento da CK reflete a extensão do dano muscular e da necrose celular (Peake, Neubauer, Walsh, *et al.*, 2017).

Dano muscular e inflamação normalmente ocorrem no treinamento resistido quando exercícios não habituais são realizados por indivíduos não-treinados (Peake, Neubauer, Gatta, Della, *et al.*, 2017). Por outro lado, indivíduos com maior experiência estão mais protegidos contra o EIMD, podendo alcançar maiores adaptações musculares com mínima inflamação (Markus *et al.*, 2021). Adicionalmente, Cadegiani, Kater e Gazola (2019) destacaram que maior intensidade e volume de exercício para indivíduos mais experientes não levam ao aumento do dano muscular, e sim novos padrões de movimentos.

Um estudo recente avaliou as concentrações de CK de 12 praticantes de HIFT do sexo masculino experientes em dois tipos diferentes de WODs (Tibana *et al.*, 2019). Houve um aumento significativo imediatamente após o exercício (WOD1 492 e WOD2 689 U/L⁻¹), e o pico de CK foi observado 24 horas após a intervenção (WOD1 673 e WOD2 864 U/L⁻¹). Outro estudo acompanhou nove participantes por três dias de competição HIFT (Tibana *et al.*, 2019). Os resultados mostraram que a atividade da CK aumentou em aproximadamente 50% 24 h após a competição (472 U/L⁻¹ no início do estudo e 698 U/L⁻¹ no pós-24 h).

Contudo, são escassos estudos que tenham avaliado o impacto de uma sessão de HIFT em praticantes pouco experientes, bem como em mulheres. A literatura científica carece de informações que demonstrem o impacto de uma sessão aguda de caráter metabólico, como o protocolo “Cindy”, sobre o dano muscular nessas populações.

2.4 Hormônios do estresse e exercício físico

O exercício físico é uma condição de estresse na qual o corpo deve encontrar um novo equilíbrio dinâmico (Anderson e Wideman, 2017; Kraemer e Ratamess, 2005). As

concentrações hormonais podem mudar significativamente frente ao exercício, no intuito de modular as funções fisiológicas (Kraemer *et al.*, 2020). Existe uma interação entre os sistemas fisiológicos, e isso levou a expressões como sistema neuroendócrino e neuroendócrino-imune, indicando a inter-relação dos sistemas na produção e liberação de substâncias hormonais (Mastorakos *et al.*, 2005).

Segundo Duclos e Tabarin (2016), o estresse induzido pelo exercício apresenta potencial efeito estimulador do eixo hipotálamo-hipófise-adrenais (HPA), tendo como ação inicial a síntese e liberação do hormônio liberador de corticotrofina (CRH) pelo hipotálamo. O CRH estimula a hipófise (centro retransmissor) a sintetizar e liberar a corticotrofina ou hormônio adrenocorticotrófico (ACTH). O ACTH liberado na circulação induz as glândulas suprarrenais a iniciarem a síntese e liberação dos chamados hormônios do estresse, como as catecolaminas (epinefrina e norepinefrina, também conhecidos como adrenalina e noradrenalina), produzidas na medula adrenal, e corticosteróides, como o cortisol, produzido no córtex da mesma glândula (Fleck, Kraemer e Deschenes, 2013; Mastorakos *et al.*, 2005; McArdle, Katch e Katch, 2008).

Da secreção total da medula suprarrenal, cerca de 80% é de adrenalina e 20% de noradrenalina. Essas quantidades podem variar em condições fisiológicas diversas, havendo elevação durante o exercício, conforme se eleva também a intensidade e a duração do exercício, quase que exponencialmente. Essa descarga de catecolaminas circulantes, como resposta imediata ao esforço físico, comporta-se como elemento imunossupressor, apresentando associação com a monocitose transitória e neutrofilia. Ao final da sessão de exercício, a adrenalina volta a valores iniciais depois de alguns minutos, mas a noradrenalina pode continuar elevada durante várias horas (Kraemer *et al.*, 2020; Kraemer e Ratamess, 2005; Simpson *et al.*, 2015).

O cortisol, principal glicocorticoide em seres humanos, também se comporta como imunossupressor, pois reduz a proliferação de linfócitos, a produção de IL-2 e diminuição de receptores para IL-2 (Hennigar, McClung e Pasiakos, 2017). A liberação de corticosteroides e seus níveis circulantes também estão relacionadas à duração e intensidade do exercício (Fleck, Kraemer e Deschenes, 2013)

Este hormônio, que está envolvido na resposta ao estresse, pressão arterial e glicose do sangue, deve permanecer com seus níveis estáveis, pois elevações

constantes podem gerar alterações em diversos sistemas, inclusive o imunológico, deixando o organismo mais suscetível a desenvolver doenças. A concentração sanguínea de cortisol se altera durante o dia, apresentando níveis mais altos pela manhã e mais baixos à noite, e sua vida média é de 80 a 100 min apenas; portanto, sua manutenção na concentração sérica depende de sua síntese constante (Kraemer *et al.*, 2020).

O exercício físico eleva as concentrações de cortisol acima de 70% do VO_{2max} , no intuito de favorecer a síntese de glicose a partir das proteínas por meio da gliconeogênese (Kraemer *et al.*, 2020). A secreção adrenocortical, em resposta ao componente inflamatório do exercício, altera a ativação das células imunocompetentes (Duclos e Tabarin, 2016).

Sabe-se que o cortisol aumenta a mobilização de neutrófilos e inibe a atividade geral dos linfócitos. Sua ação parece ocorrer um pouco após a ação das catecolaminas, o que tem sido relatado como efeito tardio do cortisol frente ao exercício, possivelmente mediado pela IL-6 (Hennigar, McClung e Pasiakos, 2017; Morano *et al.*, 2020).

O aumento do cortisol tem efeitos tardios, como inibição da mitogênese e / ou aceleração da apoptose dos linfócitos resultando em linfocitopenia, além de elevar a mobilização dos neutrófilos da medula óssea no sangue, o que aumenta a contagem dessas células ao final das sessões de exercícios (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

A ativação que o exercício agudo induz no eixo HPA está diretamente relacionada ao nível de treinamento físico do indivíduo. A capacidade de suportar maior carga de trabalho com menor ativação pituitária-adrenal é uma das múltiplas adaptações inter-relacionadas e é proporcional ao grau de treinamento físico (Mastorakos *et al.*, 2005). Desta forma, torna-se fundamental que seja comparada a elevação aguda das concentrações de cortisol, entre novatos e experientes, frente a execução de um protocolo de HIFT, como o “Cindy”.

2.5 Estresse oxidativo e exercício físico

As espécies reativas (ER), sejam de oxigênio ou nitrogênio, são moléculas instáveis que participam prontamente das reações redox, resultando em condições não

controladas na oxidação de substratos como lipídios de membrana, DNA, proteínas, entre outras (Jakubczyk *et al.*, 2020; Thirupathi e Pinho, 2018).

Na década de 70 surgiram os primeiros estudos examinando o importante papel das espécies reativas produzidas no músculo esquelético e outros órgãos metabolicamente ativos durante o exercício, abrindo um novo campo de pesquisa biológica com foco no equilíbrio de oxirredução (redox) celular e consequentemente em menores danos musculares (Powers, Radak e Ji, 2016).

Pelo simples fato de consumir oxigênio, o metabolismo celular, mesmo em situações basais, promove uma contínua formação de ER, através da redução da molécula de oxigênio. Estas ER podem ser produzidas em vários locais da célula, como mitocôndrias, retículo endoplasmático, lisossomas, membranas celulares, peroxissomas e citosol (Jakubczyk *et al.*, 2020).

O estresse oxidativo ocorre quando as ER não são adequadamente “compensados” pelos antioxidantes e esse desequilíbrio pode ser causado por muitos fatores, incluindo envelhecimento, alterações hormonais, exposição à radiação e à certas terapias medicamentosas, doenças, e prática de exercícios físicos, dependente do tipo, intensidade e frequência (Halliwell, 1994).

As ER produzidas durante o exercício físico agem como mensageiros intracelulares envolvidos na adaptação fisiológica, o que tem sido descrito como sinalização adaptativa dependente de ER (Radak *et al.*, 2013). No entanto, se não forem controladas, as concentrações muito elevadas de ER podem levar a danos de lipídios, proteínas e DNA, resultando em função celular prejudicada, comumente conhecido como estresse oxidativo (Magherini *et al.*, 2019; Slattery, Bentley e Coutts, 2015).

As sessões de treinamento de alta intensidade podem levar a um desequilíbrio temporário entre a produção e remoção de ER, podendo levar ao estresse oxidativo. Embora as ER induzidas por exercício sejam necessárias na produção normal de força no músculo, altos níveis de ER parecem promover disfunção contrátil (Magherini *et al.*, 2019). Segundo Slattery, Bentley e Coutts (2015) é difícil mensurar a liberação de ER diretamente *in vivo*, limitando os pesquisadores à análise de marcadores indiretos de estresse oxidativo para verificar os efeitos do exercício no equilíbrio redox.

O equilíbrio redox é facilmente perturbado pelo rápido aumento de ER induzido

pelo exercício, no sangue e no músculo esquelético. Em resposta a esse desequilíbrio, o sistema de defesa antioxidante endógeno busca minimizar a ocorrência desse dano oxidativo convertendo as ER em moléculas menos reativas ou pela remoção de moléculas que podem promover mais reações oxidativas (Slattery, Bentley e Coutts, 2015). Assim, substâncias com propriedades antioxidantes atuam retardando ou prevenindo a cascata de reações oxidativas, doando elétrons para estabilizar a molécula reativa ou removendo moléculas que propagam essas reações oxidativas (Jakubczyk *et al.*, 2020).

De acordo com Magherini *et al.* (2019), tanto o exercício aeróbio, quanto o treinamento resistido, quando realizados cronicamente com intensidade moderada, são eficazes na redução significativa de ER e, conseqüentemente, do estresse oxidativo. No entanto, em se tratando dos efeitos do exercício intenso e exaustivo, Funes *et al.* (2011) identificaram aumento significativo na formação de ER e indução de resposta imune de fase aguda semelhante à infecção, incluindo liberação de citocinas, ativação de linhagens celulares imunocompetentes e de neutrófilos.

Savasky *et al.* (2018) demonstraram que o estresse oxidativo prejudica a remodelação óssea, o que, segundo Astur *et al.* (2016), pode ser preocupante naquelas modalidades esportivas em que é observado maior risco de fraturas por estresse. Adicionalmente, Owens *et al.* (2019) relataram que o estresse oxidativo correlaciona-se diretamente com o desenvolvimento de danos musculares, e estes, por sua vez, se não controlados, podem culminar em lesões de maior gravidade, as quais afastam atletas e praticantes de exercícios físicos de suas sessões de treinamento, até que haja reabilitação.

Desta forma, devido ao elevado potencial de toxicidade das ER, torna-se necessário que o sistema de defesa antioxidante proteja as células dos efeitos nocivos das ER (Slattery, Bentley e Coutts, 2015). Algumas moléculas estão envolvidas na linha de defesa protegendo as células dos efeitos prejudiciais do excesso de ER: eliminadores de ER de baixo peso molecular, enzimas antioxidantes e proteases para degradação de proteínas irreversivelmente danificadas (sistema de reparo) (Savasky, Benjamin M. *et al.*, 2018).

Kliszczewicz *et al.* (2015) compararam um treino em esteira de alta intensidade

(intensidade mínima de 90% da FC_{max}) com um treino de CrossFit®, com foco no estresse oxidativo agudo, em 10 indivíduos fisicamente ativos. O plasma sanguíneo foi testado para dano oxidativo e capacidade antioxidante antes e imediatamente, 1h e 2h após o exercício. O treino CrossFit® apresentou estresse oxidativo comparável ao do treino de alta intensidade com corrida em esteira. Os autores puderam concluir que o estresse oxidativo é proporcional ao nível de intensidade do exercício.

O estudo supracitado avaliou o estresse oxidativo por meio de dois biomarcadores, hidroperóxidos de lipídios plasmáticos e redução nas proteínas carboniladas, os quais apresentaram resultados distintos, sendo um aumentando e outro diminuindo, respectivamente, após 1h. No entanto, até o presente momento, em nossas buscas, não foram encontrados trabalhos que tenham utilizado substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico como biomarcador de estresse oxidativo no HIFT.

2.6 Exercício físico e nível de experiência

De acordo com Garber *et al.* (2011), praticantes de exercícios podem ser classificados de acordo com o nível de experiência em novatos e experientes (avançados). Apesar dessa distinção, ainda não estão claros os critérios para definir quando um indivíduo deixa de ser novato e se torna experiente. De acordo com estudos de revisão e posicionamento do ACSM, indivíduos experientes necessitam de maior carga de treino (intensidade e volume) para alcançar melhor desempenho nos quesitos força e capacidade aeróbia (Garber *et al.*, 2011; Ratamess, 2009). Neste sentido, os praticantes de HIFT mais experientes são aqueles capazes de suportar maior carga de treinamento quando comparados aos novatos (Butcher, S. *et al.*, 2015).

Confirmando a relação da carga de treino e nível de experiência, os resultados de uma meta-análise mostraram que a intensidade de 60% de 1 repetição máxima (RM) produziu efeito superior para aumento de força em indivíduos novatos, enquanto 80% de 1 RM produziu maior efeito para ganho em força em indivíduos experientes (Rhea *et al.*, 2003).

Para indivíduos novatos, sugere-se que uma carga moderada (50–60% de 1 RM ou menos) seja utilizada no início do programa de treinamento de força para

familiarização com a forma adequada de se realizar os movimentos (Garber *et al.*, 2011). Para Ratamess (2009), é razoável prescrever atividades de intensidade moderada, particularmente em praticantes novatos de exercícios, quando o propósito for melhorar a adoção e adesão a prática de exercícios físicos.

Praticantes experientes de exercícios físicos podem apresentar resposta fisiológica melhor do que novatos numa sessão de treinamento. Do ponto de vista cardiovascular, a maior experiência de treinamento está associada ao aumento do volume sistólico, débito cardíaco e adaptações morfofuncionais do miocárdio (Ferreira *et al.*, 2020). No que se refere à dor muscular de início tardio, ela é relatada principalmente por indivíduos novatos quando submetidos ao treinamento de força (Clarkson e Hubal, 2002).

No estudo de Butcher *et al.* (2015), realizado com dois protocolos diferentes de HIFT - circuito contínuo e circuito intervalado, os praticantes experientes foram capazes de tolerar cargas de trabalho relativas mais altas do que os participantes novatos, mesmo com percepção de esforço semelhante. Eles demonstraram que ambos os protocolos de HIFT, usando padrões de movimento multimodais baseados na resistência muscular, podem ser usados para obter uma resposta significativa da frequência cardíaca durante o exercício e são provavelmente métodos de treinamento apropriados para atingir as intensidades-alvo recomendadas para praticantes novatos e experientes.

Um estudo comparando indivíduos fisicamente ativos, praticantes recreacionais não-competitivos e atletas de HIFT mostrou que atletas apresentam maior capacidade aeróbia, força e tolerância de suportar esforços de alta intensidade em comparação aos demais praticantes (Mangine *et al.*, 2020). Quanto às concentrações hormonais em repouso e taxa metabólica, nenhuma diferença foi observada entre os três níveis de participantes. O HIFT tem se mostrado ser uma estratégia segura e eficaz que pode levar à melhora do desempenho físico em indivíduos não treinados e novatos (Falk Neto e Kennedy, 2019).

Apesar de uma quantidade razoável de estudos com HIFT (Falk Neto *et al.*, 2020; Kliszczewicz *et al.*, 2015; Kliszczewicz, Snarr e Esco, 2014; Mangine *et al.*, 2018, 2020; Maté-Muñoz *et al.*, 2018; Minuzzi *et al.*, 2017; Poderoso *et al.*, 2019; Posnakidis *et al.*, 2020; Tibana *et al.*, 2019; Tibana *et al.*, 2019; Tibana *et al.*, 2016; Timón *et al.*, 2019;

Wilke *et al.*, 2019), existe a necessidade de investigações futuras considerando a quantidade e qualidade das mais variadas formas desse tipo de treinamento para praticantes novatos, treinados e atletas (Mangine *et al.*, 2020). Diferentemente do treinamento resistido, o HIFT ainda não possui um guia sugerindo a quantidade e qualidade da prescrição de exercícios para praticantes de diferentes níveis.

2.7 Exercício físico e sexo

Homens e mulheres diferem em hábitos e motivações para realização de exercícios físicos (Craft, Carroll e Lustyk, 2014). Quanto às adaptações neuromusculares, não há clareza se existem ou não diferenças entre os sexos nos ganhos induzidos pelo treinamento resistido em tamanho, força e potência musculares (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014).

Da mesma forma, também não estão claras as razões pelas quais possam existir diferenças entre homens e mulheres no desempenho físico, sob o ponto de vista endócrino, neuromuscular e/ou celular, quando os indivíduos são submetidos a exercícios de alta intensidade (Esbjörnsson *et al.*, 2012). Por outro lado, investigações têm sugerido que mulheres possam responder de forma diferente em comparação aos homens após exercícios intensos (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014; Heavens *et al.*, 2014; Poderoso *et al.*, 2019; Wolf *et al.*, 2012).

Na última década, estudos conduzidos com vários tipos de treinamento, como o treinamento resistido, natação e futebol de campo, indicaram diferenças de sexo nos marcadores de estresse (Morgado *et al.*, 2014; Souglis *et al.*, 2018), dano muscular (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014; Heavens *et al.*, 2014; Souglis *et al.*, 2018; Wolf *et al.*, 2012) e respostas imunológicas (Morgado *et al.*, 2014; Souglis *et al.*, 2018). Contrariamente, um estudo avaliou as respostas imunológicas e hormonais em praticantes de HIFT ao longo de seis meses de treinamento e não encontraram diferenças entre homens e mulheres na contagem de células CD4⁺ e CD8⁺ (Poderoso *et al.*, 2019).

Geralmente, no que se refere à imunologia, as mulheres respondem aos patógenos com uma resposta imune inata e adquirida mais forte; isso resulta em reconhecimento e destruição mais rápidos de patógenos, mas também contribui na maior

prevalência de doenças autoimunes em mulheres em comparação com os homens. As razões para essas diferenças, como acontece com a maioria das diferenças biológicas, parecem estar amplamente relacionadas às influências hormonais e genéticas (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013).

Os estrogênios parecem melhorar a resposta imune, enquanto os androgênios, incluindo a testosterona, exercem efeitos supressores nas respostas imune humoral e celular (Cutolo *et al.*, 2002). Nas mulheres, os estrogênios e a progesterona têm função imunológica modular, sendo assim, a imunidade é influenciada pelo ciclo menstrual e pela gravidez (Shah *et al.*, 2019).

Estudos que controlaram o efeito das características dos indivíduos, como sexo, revelaram resultados conflitantes, destacando a necessidade de considerar essas características dos indivíduos ao interpretar as respostas imunológicas frente ao exercício e estimar o risco de infecção enfrentado por atletas submetidos a programas de treinamento altamente exigentes nos quais a sub-recuperação ocorre frequentemente (Morgado *et al.*, 2016; Robinson *et al.*, 2015; Wolf *et al.*, 2012).

Quanto ao acúmulo de lactato sanguíneo, mulheres apresentam menor valor quando se exercitam na mesma intensidade relativa dos homens, possivelmente devido à redução da atividade glicolítica muscular (Sargent e Scroop, 2007). O estudo de Esbjörnsson-Liljedahl, Bodin e Jansson (2002) identificou que o aumento do lactato sanguíneo, bem como a redução de glicogênio nas fibras do tipo I, foram menores nas mulheres do que nos homens durante os exercícios de sprint.

Após exercícios extremamente estressantes, é provável que ocorra a liberação de hormônios, incluindo testosterona, estrogênio e cortisol (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000; Slattery, Bentley e Coutts, 2015). Além disso, maior liberação de cortisol imediatamente após o exercício foi observada em protocolos de exercícios de alta intensidade sem diferenças entre os sexos (Heavens *et al.*, 2014; Szivak *et al.*, 2013).

Publicações anteriores demonstraram consistentemente menores concentrações basais e pós-exercício de CK em mulheres do que em homens jogadores de futebol (Souglis *et al.*, 2018) e praticantes de treinamento resistido (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014; Heavens *et al.*, 2014; Wolf *et al.*, 2012). Esses autores têm sugerido que a diferença entre os sexos se deve ao maior percentual de massa muscular em homens. Foi sugerido

que fatores hormonais também podem ser responsáveis pelas diferenças de sexo na CK (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014; Wolf *et al.*, 2012). A maior concentração de estrogênio encontrada em mulheres exerce papel protetor no processo de lesão muscular induzida pelo exercício, mantendo a estabilidade da membrana celular, diminuindo o efluxo de CK das fibras musculares danificadas no sangue (Brancaccio, Maffulli e Limongelli, 2007).

O treinamento funcional de alta intensidade vem sendo praticado por um número cada vez maior de pessoas, porém, como é uma modalidade de exercício considerada recente, necessita ser melhor explorada, do ponto de vista acadêmico, a fim de fornecer embasamento científico que possa auxiliar tanto treinadores quanto praticantes a tomarem as decisões mais corretas no momento de elaborar e prescrever a sessão de treinamento. No levantamento bibliográfico realizado nessa tese identificou-se carência de investigações sobre as repercussões na saúde em indivíduos submetidos ao HIFT, como observadas em outras formas de treinamento físico intenso. O questionamento principal que surgiu foi sobre quais seriam as respostas de indivíduos submetidos a um dos protocolos mais extenuantes do CrossFit®. Outras dúvidas que emergiram foram relacionadas ao nível de experiência de treinamento e sexo - será que indivíduos com menos experiência apresentarão menores ou maiores alterações, ou que mulheres terão maiores ou menores oscilações nas variáveis relacionadas à saúde? Diante desse problema, estabelecemos os objetivos da presente tese.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

- Analisar as respostas agudas do protocolo “Cindy”, como parte de uma sessão de treinamento de CrossFit®, sobre o sistema imune, dano muscular, marcadores de estresse e estado redox de seus praticantes.

3.2 Objetivos específicos

3.2.1 Objetivo Específico 1: Novatos x Experientes

- Comparar a contagem de leucócitos, a concentração de creatina quinase plasmática, a concentração de cortisol e a resposta do lactato sanguíneo entre praticantes novatos e experientes submetidos ao “Cindy”.

3.2.2 Objetivo Específico 2: Homens x Mulheres

- Comparar a contagem de leucócitos, a concentração de creatina quinase plasmática, a concentração de cortisol e a resposta do lactato sanguíneo entre praticantes homens e mulheres submetidos ao “Cindy”.

3.2.3 Objetivo Específico 3: Correlações entre as variáveis

- Correlacionar as características antropométricas e de desempenho físico com as respostas do sistema imune, dano muscular, marcadores de estresse e estado redox de seus praticantes.

4 HIPÓTESE

As hipóteses testadas foram as seguintes: uma única sessão de treino induziria oscilações nas variáveis imunológicas, hormonais e metabólicas após uma sessão de treinamento, e os praticantes menos experientes seriam mais suscetíveis a essas mudanças quando comparados aos praticantes com maior experiência, da mesma forma as mulheres quando comparadas aos homens.

5 CASUÍSTICA E MÉTODOS

5.1 Campo de estudo

O número de pessoas ingressando no mundo do fitness e dos esportes (recreacional e competitivo) têm crescido nos últimos anos. Simultaneamente, foram surgindo novas propostas de treinamento físico, seja com enfoque no desempenho físico, na estética ou na saúde. Uma das principais propostas atualmente conhecida e aplicada no mundo todo, são os programas de HIFT. Indivíduos não treinados, praticantes de exercício físico, atletas e militares aderiram à essa estratégia. Pesquisas recentes têm comprovado a eficácia dessa metodologia tanto no desempenho físico quanto nas variáveis psicossociais. A comunidade científica, e conseqüentemente a população, apresentam algumas dúvidas sobre qual seria o impacto causado pelos programas de HIFT na saúde.

5.2 Delineamento experimental

Este estudo foi realizado em um total de cinco visitas. Inicialmente foi realizado avaliação antropométrica, familiarização com o WOD (protocolo 'Cindy') e explicação do registro alimentar (visita 1); teste de uma repetição máxima (1RM) (visita 2); teste de aptidão (visita 3); Treino 'Cindy' com coleta de amostra de sangue (visita 4); e coleta de amostra de sangue 24h depois (visita 5). Antes e depois da sessão de treinamento, amostras de sangue foram coletadas da veia antecubital e transferidas para tubos a vácuo (Vacutainer; Becton Dickinson, EUA) para análise posterior das variáveis imunológicas, atividades endócrinas e respostas bioquímicas.

Na primeira visita, os voluntários foram submetidos a medidas antropométricas (massa corporal, altura corporal e dobras cutâneas) (Jackson e Pollock, 1978), familiarização com o treino 'Cindy' e avaliação do padrão alimentar. No registro alimentar, os participantes foram solicitados a registrar três dias não consecutivos de sua ingestão alimentar, para que sua ingestão de energia e macronutrientes pudesse ser calculada posteriormente usando o software "Dietpro" versão 5.1. Todos os participantes foram instruídos sobre como registrar adequadamente seus alimentos, lanches e bebidas. Eles receberam material ilustrativo com explicações sobre o tamanho das porções e técnicas dietéticas, e foram orientados a não consumir bebidas ou alimentos ricos em cafeína (por

exemplo, chá, café e chocolate), ou bebidas alcoólicas por 24 horas para evitar qualquer interferência com o corpo hidratação.

Na segunda visita (após 48 h), os participantes realizaram o exercício levantamento terra no teste de 1RM (Bishop *et al.*, 2014). Após descanso de 24 horas, na terceira visita, os participantes realizaram o teste de *Yo-yo intermittent recovery test* (yo-yo IR1) (Bangsbo *et al.*, 2006), durante o qual foram monitorados por meio de um monitor de frequência cardíaca (FC) (Polar Team Pro, Kempele, Finlândia), e a FC máxima foi registrada. Forte incentivo verbal foi realizado para estimular o esforço máximo durante os dois testes.

Todos os testes ocorreram no mesmo *box* de CrossFit®. Na visita quatro, o treino “Cindy” foi realizado entre 6h00 e 8h00 para evitar influências do ciclo circadiano. Os voluntários foram orientados a se abster de exercícios físicos por 48 horas. As mulheres foram testadas na fase folicular inicial do ciclo menstrual (2 a 7 dias após o início da menstruação) para minimizar o efeito das flutuações hormonais nos resultados.

5.3 Amostra

Voluntários saudáveis foram recrutados de um *box* afiliado a marca CrossFit® (CrossFit® Quest, Aracaju-SE, Brasil). Os critérios de inclusão na seleção dos participantes foram ter mínimo de 3 meses de experiência em programa de HIFT e a capacidade de realizar o protocolo do treino ‘Cindy’. Participantes novatos (NOV) foram definidos como aqueles entre 3 a 8 meses de experiência, enquanto os participantes experientes (EXP) foram aqueles que tinham mais de 18 meses de experiência. Esses intervalos de tempo foram selecionados para garantir uma lacuna significativa no nível de experiência entre os dois grupos de participantes, conforme sugerido em publicação recente (Butcher *et al.*, 2015).

Embora alguns participantes tinham mais de 18 meses de experiência, eles foram classificados como praticantes recreativos de CrossFit®, principalmente por nunca terem participado de uma competição oficial (exceto as organizadas pelo próprio *box*). Os participantes geralmente realizavam de três a cinco sessões de treinamento por semana.

Os participantes foram excluídos se apresentassem (a) entre nove a 17 meses de experiência; (b) qualquer lesão ou deficiência motora que impedisse a realização dos testes e protocolo de treino; (c) quaisquer doenças cardiovasculares, metabólicas ou neurológicas; (d) o uso de qualquer tipo de medicamento ou drogas para melhorar o desempenho; (e) o uso de suplementos contendo compostos antioxidantes nas últimas seis semanas, bem como aqueles considerados ergogênicos (Kerksick *et al.*, 2018), como cafeína, creatina, beta-alanina, nitrato e bicarbonatos nos últimos quatro meses; (f) não finalizar os 20 minutos do treino 'Cindy' na visita quatro; (g) apresentar sintomas de infecções do trato respiratório superior a qualquer momento do experimento; e (h) não consumir o café da manhã padronizado antes do treino "Cindy" na visita quatro.

5.4 Aprovações éticas

A aprovação ética foi obtida por Comitê de Ética em Pesquisa (Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe, processo nº 3.087.955 / 2018) e o projeto completo foi registrado no Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos (ReBEC RBR-2GH23P). A participação foi voluntária e todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes de participarem do estudo, o qual foi realizado de acordo com a Declaração de Helsinque com a recente emenda de Fortaleza (2013). Todos os participantes autorizaram por escrito a publicação das fotos e vídeos para afins acadêmicos

5.5 Avaliações físicas

5.5.1 Avaliação antropométrica

Na primeira visita, foram determinadas massa, estatura e composição corporal dos voluntários, como caracterização da amostra. A massa (kg) e a estatura corporal (m) foram aferidas em balança analógica com estadiômetro acoplado da marca Toledo® com escala de precisão de 100 g e 1,0 cm, respectivamente. Para avaliação da composição corporal foi utilizada a mensuração das dobras cutâneas em sete regiões (subescapular, tricipital, abdominal, suprailíaca, coxa, peitoral e axilar média) com o adipômetro científico

da marca Lange® e calculado o percentual de gordura, utilizando a equação de Jackson e Pollock (1978).

5.5.2 Avaliação da força máxima

A força máxima foi avaliada por meio do teste exercício “levantamento terra” (*deadlift*), utilizando-se de uma barra olímpica e anilhas de 1,5kg a 20kg (FIGURA 6). O teste envolveu aquecimento com 1 série x 10 repetições com 40 a 60% de 1 repetição máxima (RM) estimada e; após 1min, mais 1 série x 5 repetições com 60 a 80% de 1RM estimada e; após 3 min, foram realizadas 5 tentativas de uma ação voluntária máxima até que uma 1RM de cada sujeito seja identificado (Dias *et al.*, 2013). Foram realizados descansos (aproximadamente 4-5 minutos) entre as tentativas com intuito de manter o desempenho máximo.



Posição inicial



Posição Final

FIGURA 6. Teste de força máxima no exercício “levantamento terra”.

5.5.3 Avaliação da capacidade aeróbia

A capacidade aeróbia foi indiretamente avaliada por meio do teste *Yo-yo Intermittent Recovery Nível I* (Yo-yo). A corrida em espaço demarcado consiste em percorrer a distância de 20m por duas vezes (“ida e volta” = 40m), separados por períodos

regulares de recuperação de 10 segundos (FIGURA 7). O tempo para percorrer os 40m foi diminuindo progressivamente, representando velocidades maiores a cada estágio. Os avaliados foram orientados a percorrerem o maior número de estágios, estando nas extremidades do percurso a cada sinal sonoro. O teste foi interrompido quando o voluntário não conseguia cumprir o estágio (ficar a mais de 3m antes da linha dos 20m em dois sinais sonoros consecutivos) ou relatasse incapacidade de completar a corrida. O teste foi realizado em uma tentativa. Em função da distância e velocidade atingidas durante o teste, foi determinada a capacidade aeróbia expressa pelo consumo máximo de oxigênio ($VO_{2máx}$) em $ml.kg.min^{-1}$ (fórmula para predição do $VO_{2máx} = distância \times 0,0084 + 36,4$). A escolha pelo Yo-yo Intermittent Recovery Nível I se baseou no estudo realizado por Bangsbo, Iaia e Krusturup (2008).



Corrida na Ida – 20m



Corrida na volta – 20m

FIGURA 7. Teste Yo-yo Intermittent Recovery Nível I.

5.6 Intervenção

5.6.1 Protocolo de treino “Cindy”

Na visita quatro, após um intervalo de descanso de 48 horas a partir da visita três, os voluntários compareceram ao *box* pela manhã. A sessão HIFT realizada foi o WOD do CrossFit® conhecido como treino “Cindy” (Glassman, 2016; Kliszczewicz, Snarr e Esco, 2014). A sessão começou com um aquecimento composto por 5 min de corrida de baixa

intensidade e 5 min de mobilidade articular e exercícios de alongamento dinâmico. Este WOD consistiu em realizar o máximo de rodadas possível (AMRAP - *as many rounds as possible*) de três exercícios: 5 repetições de barra (*pull-up*), 10 repetições de flexão de braços (*push-up*) e 15 repetições de agachamento livre (*air squat*) durante 20 min (FIGURA 8).

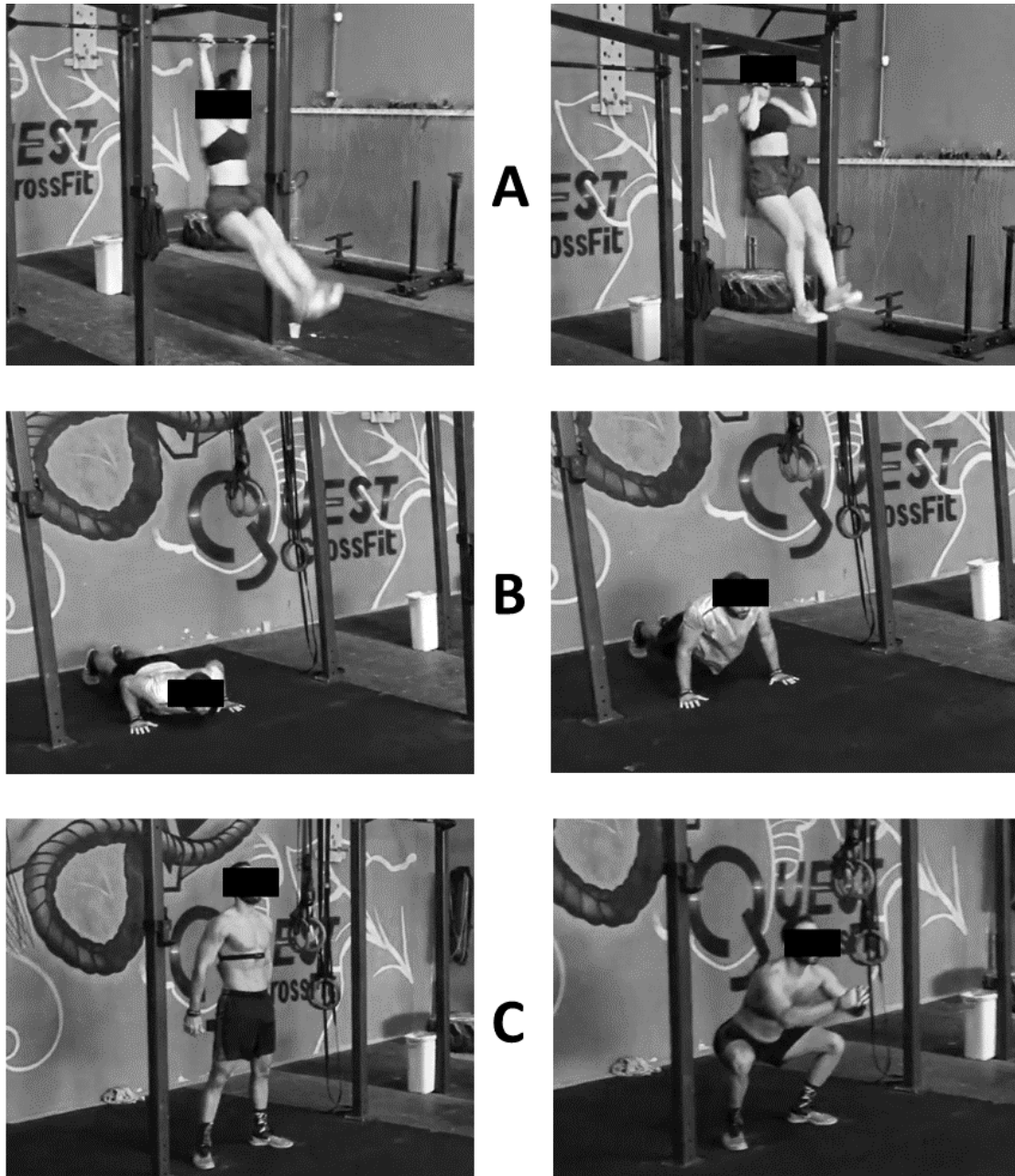


FIGURA 8. Protocolo de treino “Cindy”. A = posição inicial e final da barra fixa; B = posição inicial e final da flexão de braços; C = posição inicial e final do agachamento livre

Estudantes de Educação Física, supervisionados pelo autor do projeto, ficaram encarregados de contar as repetições e número de rodadas. As técnicas utilizadas para cada exercício foram descritas em detalhes na literatura (Kluszczewicz, Snarr e Esco, 2014). Quando necessária, pequenas modificações dos exercícios (por exemplo, flexão de braços com joelhos apoiados e remada nas argolas para mulheres e homens com força insuficiente) foram feitas (Wilke *et al.*, 2019). O treino “Cindy” foi escolhido por causar maior estresse metabólico e cardiovascular quando comparado a outros protocolos (Kluszczewicz *et al.*, 2015; Maté-Muñoz *et al.*, 2017, 2018). Antes do início do estudo, todos os voluntários tiveram uma sessão de familiarização (visita 1), sendo-lhes oferecidas aulas técnicas de como fazer os exercícios de forma padronizada. As condições ambientais na sessão foram as seguintes: temperatura de 25–29 ° C e umidade relativa de 55–65%.

Durante o treino “Cindy”, os sujeitos foram monitorados usando um monitor de frequência cardíaca (FC) (Polar Team Pro, Kempele, Finlândia). Os dados de FC foram armazenados e posteriormente extraídos do programa *Polar Team 2 Pro* (FIGURA 9). A percepção subjetiva de esforço (PSE), cujo uso foi fortemente recomendado em uma sessão metabólica de HIFT (Falk Neto *et al.*, 2020; Tibana *et al.*, 2018; Tibana *et al.*, 2019), foi obtida usando a escala CR10 Borg (Foster *et al.*, 2001). Os participantes responderam a seguinte pergunta: “quão difícil você acha que o exercício foi?”. As medições de PSE foram feitas 30 minutos após o treino “Cindy”.

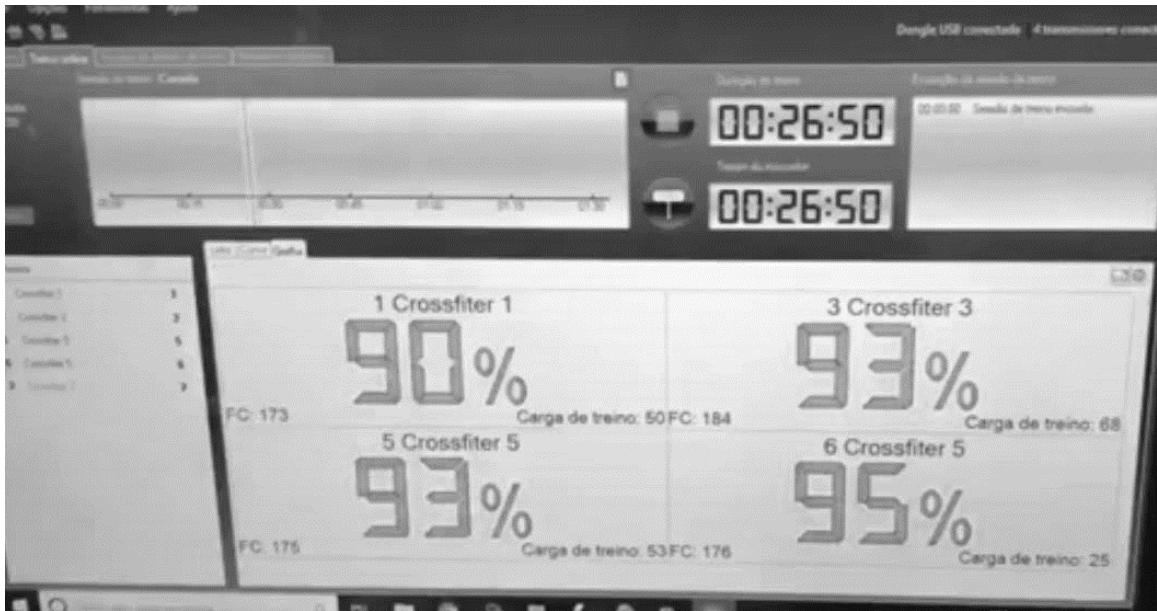


FIGURA 9. Frequência cardíaca mensurada por meio do programa Polar Team 2 Pro. Imagem registrada dos minutos finais do protocolo de treino “Cindy”.

5.6.2 Padronização do café da manhã

Uma hora antes da sessão de treinamento, os voluntários consumiram suplementos alimentares em pó, misturados com água, como café da manhã padronizado (aproximadamente 320–350 calorias). O café da manhã consistiu de proteína, gordura e carboidrato nas proporções de 20-35-45 (percentual de proteína, gordura e carboidrato). Esses percentuais culminaram na ingestão de aproximadamente 40g de carboidratos, 17,5g de proteína e 13g de gordura. A fim de se evitar desconfortos gástricos no dia da intervenção, foi ofertado o mesmo café da manhã na sessão de familiarização ao protocolo de treinamento. A determinação do café da manhã padronizado foi realizada por nutricionista especialista em nutrição esportiva.

5.7 Coleta de sangue e análises bioquímicas

Antes (pré-ex), imediatamente após (pós-ex), 30 minutos (30 min) e 24 horas após (24 h) o exercício foi coletado sangue (~8 mL) obtido da veia antecubital e transferidos para tubos à vácuo com EDTA, citrato, fluoreto e sem anticoagulante. Para amenizar os

desconfortos durante a coleta de sangue, recrutamos profissional altamente treinado e habilitado para exercer tal função (FIGURA 10).



FIGURA 10. Coleta de sangue. Imagem registrada da coleta de sangue no momento pré-exercício.

5.7.1 Contagem total e diferencial dos leucócitos

O sangue foi analisado para leucócitos, neutrófilos, linfócitos e monócitos nos momentos pré-ex, pós-ex, pós-30 min e pós-24 h (FIGURA 11). Utilizou-se de tubos misturados com ácido etilenodiamina tetraacético (EDTA). Leucócitos, neutrófilos, linfócitos e monócitos foram analisados usando um analisador automático de hematologia (Cell-Dyn Ruby System; Abbott Laboratories, Abbott Park, IL, USA).







VISITA 1	VISITA 2	VISITA 3	VISITA 4			VISITA 5	
Avaliação antropométrica, familiarização com o WOD (protocolo 'Cindy') e explicação do registro alimentar	Teste de uma repetição máxima (1RM)	Teste Aptidão (Yo-yo)	Treino "Cindy" - 20 minutos 			Coleta 24h	
			<i>Coleta de Sangue</i>  PRÉ-EX Leucócitos CK Cortisol Lactato TBARS FRAP GPX SOD	 Registro da FC	<i>Coleta de Sangue</i>  PÓS-EX Leucócitos CK Cortisol Lactato	<i>Coleta de Sangue</i>  PÓS-30min Leucócitos CK Cortisol Lactato TBARS FRAP GPX SOD	<i>Coleta de Sangue</i>  PÓS-24h Leucócitos CK

FIGURA 11. Linha do tempo do desenho experimental. PRÉ-EX = antes do exercício; PÓS-EX = imediatamente após o exercício; PÓS-30min = 30 minutos após o exercício; PÓS-24h = 24h após o exercício. FC = frequência cardíaca; CK = creatina quinase; TBARS = substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; FRAP = Ferric Reducing Antioxidant Power; GPX = glutatona peroxidase; SOD = superóxido dismutase.

5.7.2 Creatina quinase

Tubos com gel sérico foram utilizados para análises das concentrações de creatina quinase (CK) nos momentos pré-ex, pós-ex, pós-30 min e pós-24 h (FIGURA 11). A CK foi medida com kits comerciais, de acordo com as recomendações do fabricante e usando analisador bioquímico automático (CMD 800i, Wiener Lab., Rosario, Argentina).

5.7.3 Cortisol

Tubos com gel sérico foram utilizados para análises das concentrações de cortisol (CK) nos momentos pré-ex, pós-ex e pós-30 min (FIGURA 11). O cortisol foi medido com um kit comercial, de acordo com as recomendações do fabricante e usando um analisador de imunensaio (Abbott ARCHITECT i1000SR, Abbott Park, IL, USA).

5.7.4 Lactato Sanguíneo

Concentrações de lactato sanguíneo (tubos com fluoreto de sódio) foram obtidas nos momentos pré-ex, pós-ex e pós-30 min (FIGURA 11). O lactato sanguíneo foi medido com kits comerciais, de acordo com as recomendações do fabricante e usando analisador bioquímico automático (CMD 800i, Wiener Lab., Rosario, Argentina).

5.7.5 Determinação da peroxidação lipídica pelo método de TBARS

A determinação da peroxidação lipídica no plasma foi obtida nos momentos pré-ex e pós-30 min (FIGURA 11), sendo realizada por quantificação das TBARS, conforme o método descrito por Ohkawa, Ohishi e Yagi, (1979), com pequenas modificações. Foi preparada uma curva padrão de 1, 1', 3, 3'-Tetraetoxipropano - TEP (0,5 - 8,0 nmol) e os resultados foram expressos em nmol de TEP/mL de plasma.

5.7.6 Capacidade antioxidante pelo método FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

O plasma foi obtida nos momentos pré-ex e pós-30 min (FIGURA 11), sendo utilizado na determinação da capacidade antioxidante total de acordo com o método descrito por Benzie e Strain (1996) em placas de 96 poços, utilizando o reagente de FRAP. A absorbância foi lida a 595 nm e os resultados foram expressos em mM eq. de Trolox/mL de plasma.

5.7.7 Determinação da atividade da superóxido dismutase

A atividade da SOD foi obtida nos momentos pré-ex e pós-30 min (FIGURA 11), sendo avaliada de acordo com a metodologia de McCord e Fridovich (1969), que verifica a produção de ânion superóxido produzido pelo sistema xantina/xantina oxidase. O ânion superóxido produzido reduziu o citocromo C e esta redução foi medida pelo aumento da

densidade óptica a 550 nm a 25°C. Os resultados foram expressos em U/g de hemoglobina. Considera-se uma unidade (U), a atividade da enzima que promove 50 % de inibição da reação da xantina a 25 °C em pH 7,8.

5.7.8 Determinação da atividade da glutathiona peroxidase

A atividade da GPx foi obtida nos momentos pré-ex e pós-30 min (FIGURA 11), sendo determinada pela metodologia padronizada por Sies *et al.* (1979). Este método fundamenta-se na medida do decaimento da densidade óptica, a 340 nm, promovido pela oxidação do NADPH a 30 °C durante a redução da glutathiona oxidada (GSSG) catalisada pela enzima glutathiona redutase. Os resultados foram expressos em U/g de hemoglobina. Uma unidade (U) da enzima foi definida como atividade da enzima que oxida 1 μmol de NADPH por minuto a 30 °C em pH 7,0.

5.8 Análise estatística

A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene, respectivamente. Os dados são apresentados como media, erro padrão da estimativa da média e desvio padrão. Para comparar os valores médios das variáveis descritivas entre os grupos (EXP x NOV e HOM x MUL), foram utilizados os testes T independente e pareado. Análise de variância de medidas repetidas (ANOVA) *one way* (momentos de todos os sujeitos) e *two way* (interação de grupos [EXP x NOV e HOM x MUL] x tempo [momentos]) foi usado para comparar as análises sanguíneas, seguido do teste *post hoc* de Bonferroni para identificar diferenças. As suposições de esfericidade foram avaliadas usando o teste de Mauchly. Onde a esfericidade foi violada ($p < 0,05$), o fator de correção Greenhouse-Geisser foi aplicado. O coeficiente de correlação de Spearman foi usado para identificar a relação entre as características antropométricas e de desempenho físico com as variáveis sanguíneas. A magnitude dos coeficientes de correlação foi considerada fraca ($0,1 < r < 0,3$), moderada ($0,4 < r < 0,6$) e forte ($r > 0,7$). Todas as análises foram realizadas com o software SPSS-22.0 (IBM, SPSS Inc., Chicago, IL, EUA). A significância foi fixada em $p < 0,05$.

6 RESULTADOS

A tabela 1 apresenta as características antropométricas e desempenho físico dos 23 participantes.

TABELA 1. Características dos participantes (M ± EPM [DP])

Variáveis	N = 23
Idade (anos)	31,0 ± 1,0 [4,8]
Experiência (meses)	18,7 ± 2,5 [12,4]
Peso corporal (kg)	74,2 ± 2,9 [13,9]
Estatura (m)	1,69 ± 0,02 [0,09]
IMC (kg/m ²)	25,7 ± 0,6 [2,9]
Percentual de Gordura corporal (%)	19,6 ± 1,2 [5,7]
Deadlift (kg)	120,6 ± 7,9 [37,9]
Yoyo RL1 (m)	424,3 ± 43,0 [206,3]
VO _{2max} (ml.kg.min ⁻¹)	40,0 ± 0,4 [1,7]
FC _{max} (bpm)	185,9 ± 1,7 [9,3]

M: média; EPM: erro padrão da média; DV: desvio padrão.

IMC: índice de massa corporal; Yoyo RL1: yoyo recovery test level 1; VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio; FC_{max}: frequência cardíaca máxima

Quanto à comparação do nível de experiência, os grupos EXP e NOV não diferiram em termos de idade, sexo, altura, peso, teste de 1RM de levantamento terra e FC_{máx} no Yoyo IR1; no entanto, o IMC e a gordura corporal foram menores, e o VO_{2máx} e o tempo de experiência foram maiores no grupo EXP (tabela 2).

TABELA 2. Comparações de características entre novatos e experientes (M ± EPM [DP])

Variáveis	EXP (13)	NOV (10)	p
Idade (anos)	31,1 ± 1,4 [4,9]	30,9 ± 1,5 [4,8]	0,932
Sexo*	7 H 6 M	5 H 5 M	0,855
Experiência (meses)	28,5 ± 1,8 [6,4]	6,0 ± 0,5 [1,5]	<0,001
Peso corporal (kg)	70,8 ± 3,7 [13,3]	78,5 ± 4,5 [14,1]	0,197
Estatura (m)	1,69 ± 0,03 [0,10]	1,69 ± 0,03 [0,09]	0,908
IMC (kg/m ²)	24,4 ± 0,7 [2,5]	27,3 ± 0,8 [2,7]	0,017
Percentual de Gordura corporal (%)	17,4 ± 1,4 [5,1]	22,5 ± 1,7 [5,4]	0,031
Deadlift (kg)	131,6 ± 11,5 [41,6]	105,2 ± 8,7 [27,6]	0,098
Yoyo RL1 (m)	507,7 ± 57,9 [208,7]	336,0 ± 52,4 [165,7]	0,045
VO _{2max} (ml.kg.min ⁻¹)	40,7 ± 0,5 [1,8]	39,2 ± 0,4 [1,4]	0,045
FC _{max} (bpm)	183,2 ± 2,9 [10,3]	189,4 ± 2,1 [6,6]	0,111

M: média; EPM: erro padrão da média; DV: desvio padrão.

H: homens; M: mulheres; EXP: grupo experientes; NOV: grupo novatos; IMC: índice de massa corporal; Yoyo RL1: yoyo recovery test level 1; VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio; FC_{max}: frequência cardíaca máxima

*Teste de Qui-quadrado

Na comparação das características entre os sexos não foram encontradas diferenças em relação à idade, tempo de experiência ou FC_{máx} no Yoyo IR L1. No entanto, estatura, peso, índice de massa corporal, massa corporal magra (MCM), teste de 1RM, Yoyo IR L1 e VO_{2máx} foram maiores nos homens, enquanto a gordura corporal foi maior nas mulheres (tabela 3).

TABELA 3. Comparações das características entre homens e mulheres (M ± EPM [DP])

Variáveis	HOMENS (12)	MULHERES (11)	P
Idade (anos)	32,3 ± 1,1 [3,8]	29,5 ± 1,5 [4,9]	0,138
Experiência (meses)	20,2 ± 3,7 [12,9]	17,1 ± 3,7 [12,1]	0,563
Peso corporal (kg)	83,9 ± 2,8 [9,8]	63,5 ± 2,7 [8,9]	<0,001
Estatura (m)	1,76 ± 0,02 [0,05]	1,61 ± 0,02 [0,05]	<0,001
IMC (kg/m ²)	26,9 ± 0,7 [2,4]	24,3 ± 0,9 [2,9]	0,028
Percentual de Gordura corporal (%)	16,6 ± 1,6 [5,5]	22,8 ± 1,3 [4,2]	0,006
Massa corporal magra (kg)	69,8 ± 2,2 [7,5]	48,8 ± 1,6 [5,3]	<0,001
Deadlift (kg)	148,7 ± 8,2 [28,5]	89,0 ± 4,6 [15,1]	<0,001
Yoyo RL1 (m)	543,3 ± 63,3 [219,4]	312,7 ± 30,4 [100,9]	0,004
VO _{2max} (ml.kg.min ⁻¹)	41,0 ± 0,5 [1,8]	39,0 ± 0,3 [0,8]	0,004
FC _{max} (bpm)	186,9 ± 3,2 [11,0]	184,7 ± 2,2 [7,4]	0,584

M: média; EPM: erro padrão da média; DV: desvio padrão.

IMC: índice de massa corporal; Yoyo RL1: yoyo recovery test level 1; VO_{2max}: consumo máximo de oxigênio; FC_{max}: frequência cardíaca máxima

A Tabela 4 apresenta o número médio de *rounds*, variáveis cardiorrespiratórias, taxa de esforço percebido e razão PSE/número de *rounds* para todos os participantes.

TABELA 4. Respostas cardiovasculares, desempenho e esforço percebido dos participantes submetidos ao protocolo “Cindy” (M ± EPM [DP])

Variáveis	N = 23
Número de <i>rounds</i>	13,3 ± 0,8 [3,7]
FC _x (bpm)	172,0 ± 1,8 [8,6]
%FC _{max}	93,1 ± 0,5 [2,2]
PSE (após 30min)	7,8 ± 0,2 [1,2]
Razão PSE/Número de <i>rounds</i>	0,63 ± 0,4 [0,21]

M: média; EPM: erro padrão da média; DV: desvio padrão.

FC_x: frequência cardíaca média; bpm: batimentos por minuto; %FC_{max}: percentual da frequência cardíaca máxima; PSE: percepção subjetiva de esforço;

O número médio de *rounds* foi maior, e a razão PSE/número de *rounds* foi menor no EXP em comparação ao grupo NOV; porém a FC_{max}, %FC_{max} e PSE após 30 min não

revelaram quaisquer diferenças entre os grupos (tabela 5). Não houve diferenças entre homens e mulheres quanto ao número médio de *rounds*, FC_{max} , $\%FC_{max}$, PSE após 30 min e razão PSE/número de *rounds* (tabela 6).

TABELA 5. Respostas cardiovasculares, desempenho e esforço percebido de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy” (M ± EPM [DP])

Variáveis	EXP (13)	NOV (10)	p
Número de <i>rounds</i>	15,1 ± 1,0 [3,5]	10,9 ± 0,8 [2,4]	0,004
FC_x (bpm)	173,4 ± 2,6 [9,5]	170,1 ± 2,3 [7,3]	0,377
%FC_{max}	93,1 ± 0,6 [2,2]	93,0 ± 0,8 [2,4]	0,855
PSE (após 30min)	7,5 ± 0,3 [1,2]	8,1 ± 0,3 [1,1]	0,262
Razão PSE/Número de <i>rounds</i>	0,52 ± 0,3 [0,13]	0,77 ± 0,6 [0,21]	0,002

M: média; EPM: erro padrão da média; DV: desvio padrão. EXP: grupo experientes; NOV: grupo novatos

FC_x: frequência cardíaca média; bpm: batimentos por minuto; %FC_{max}: percentual da frequência cardíaca máxima; PSE: percepção subjetiva de esforço;

TABELA 6. Respostas cardiovasculares, desempenho e esforço percebido de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy” (M ± EPM [DP])

Variáveis	HOMENS (12)	MULHERES (11)	p
Número de <i>rounds</i>	14,3 ± 1,1 [4,0]	12,2 ± 1,0 [3,3]	0,188
FC_x (bpm)	172,3 ± 2,9 [10,1]	171,5 ± 2,1 [7,1]	0,832
%FC_{max}	92,9 ± 0,6 [2,1]	93,2 ± 0,8 [2,5]	0,751
PSE (após 30min)	7,8 ± 0,4 [1,3]	7,7 ± 0,3 [1,1]	0,833
Razão PSE/Número de <i>rounds</i>	0,59 ± 0,6 [0,21]	0,68 ± 0,6 [0,21]	0,354

M: média; EPM: erro padrão da média; DV: desvio padrão.

FC_x: frequência cardíaca média; bpm: batimentos por minuto; %FC_{max}: percentual da frequência cardíaca máxima; PSE: percepção subjetiva de esforço

6.1 Marcadores de estresse

Conforme apresentado na figura 12.A, o lactato aumentou significativamente no pós-ex e diminuiu após 30min, mas os valores permaneceram acima do valor basal para

todos os participantes ($p < 0,01$). Houve aumentos significativos nos níveis de cortisol no pós-ex e pós-30min para todos os participantes ($p < 0,01$) (Figura 12.B).

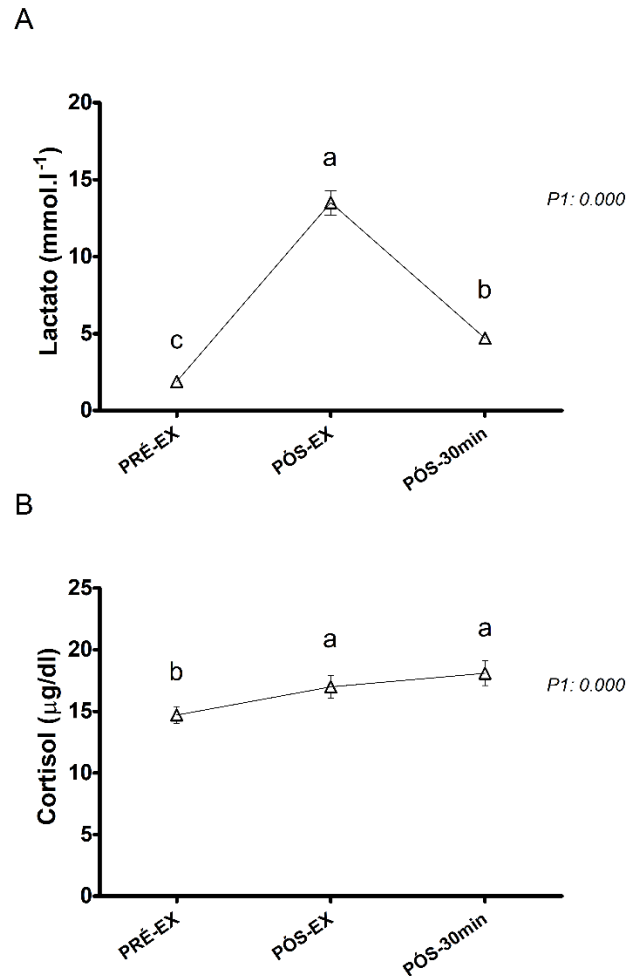


FIGURA 12. Variação de lactato (A) e cortisol (B) dos participantes submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício, e pós-exercício (PÓS-EX e PÓS-30min). As letras comparam as médias entre os pontos no tempo; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

P1: efeito dos tempos

Não houve diferenças entre EXP e NOV na concentração de lactato (Figura 13.A). O $\Delta\%$ entre EXP e NOV no lactato foi similar nos dois momentos pós-exercício (Tabela 7). A concentração de cortisol dos participantes EXP foi maior do que dos NOV tanto no pós-ex ($p = 0,001$) quanto no pós-30min ($p = 0,036$). Somente no pós-30min os participantes NOV apresentaram diferenças ($p = 0,045$) do valor pré-ex (Figura 13.B). A

área sob a curva (ASC) do cortisol também foi significativamente maior em EXP ($p = 0,004$) quando comparados aos participantes NOV (Figura 13.C). Os EXP apresentaram $\Delta\%$ superior aos NOV no momento pós-exercício (Tabela 7).

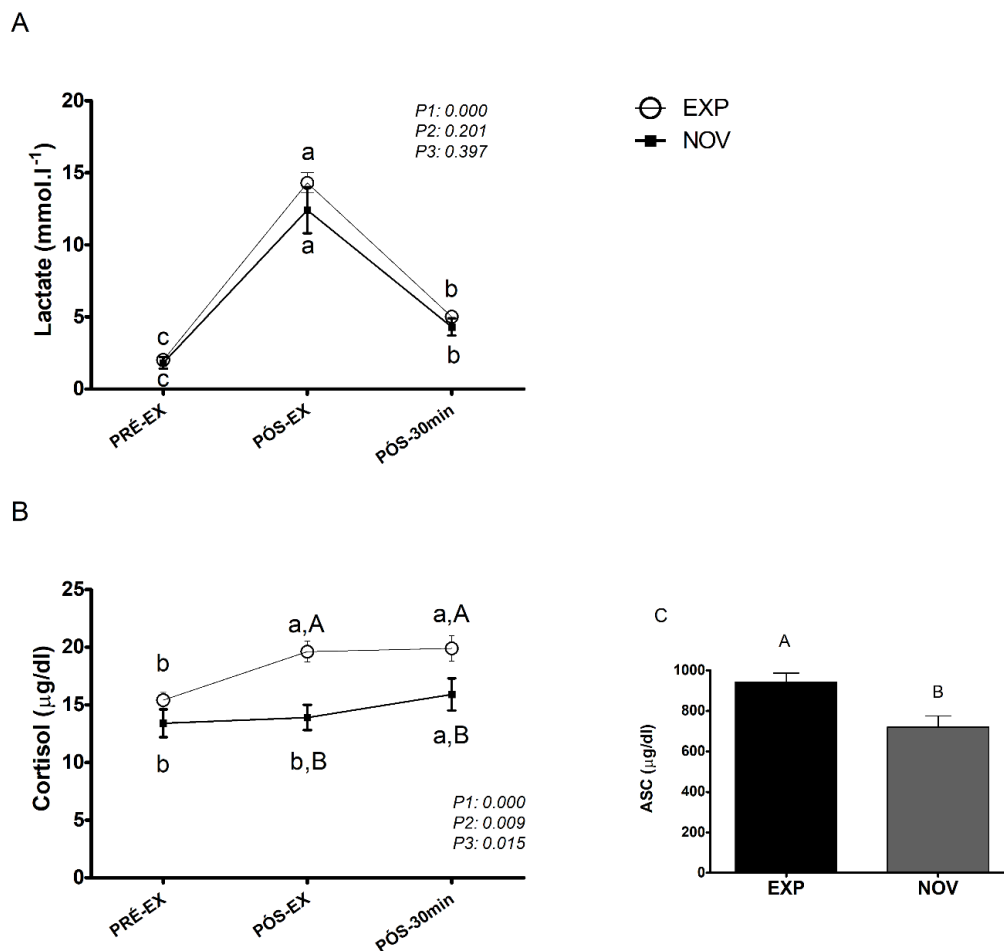


FIGURA 13. Variação de lactato (A), cortisol (B) e área sob a curva de concentração de cortisol (C) de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-EX e PÓS-30min). As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os níveis de experiência; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

ASC: área sob a curva
 P1: efeito dos tempos
 P2: efeito dos grupos
 P3: interação grupos x tempos

Tabela 7. Delta percentual de lactato e cortisol entre os momentos pré-exercício e pós-exercício de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy”.

Variável	Grupo	PRÉ-EX / PÓS-EX	PRÉ-EX / PÓS-30MIN
Lactato	EXP	86,3%	60,8%
	NOV	85,2%	56,9%
Cortisol	EXP	21,5%	22,5%
	NOV	3,6%	15,5%

EXP: experientes; NOV: novatos.

As concentrações de lactato aumentaram no pós-ex, sendo esse aumento seguido por uma diminuição nos valores pós-30 min para ambos os sexos (Figura 14.A). A interação sexo x tempo foi observada nos níveis de lactato (Figura 14.A). Os homens apresentaram $\Delta\%$ superior ao das mulheres para lactato, tanto no pós-ex, quanto no pós-30min (tabela 8). Os homens apresentaram concentrações maiores do que as mulheres tanto no pós-ex ($p = 0,001$), quanto no pós-30 min ($p = 0,040$). Houve aumento dos níveis de cortisol pós-ex apenas nos homens ($p = 0,027$) e após 30 minutos para ambos os grupos ($p < 0,01$) (Figura 14.B). Não foram encontradas diferenças entre os grupos nas concentrações de cortisol em qualquer momento ($p > 0,05$). O $\Delta\%$ apresentou valores similares entre homens e mulheres ao longo dos dois momentos pós-exercício (tabela 8)

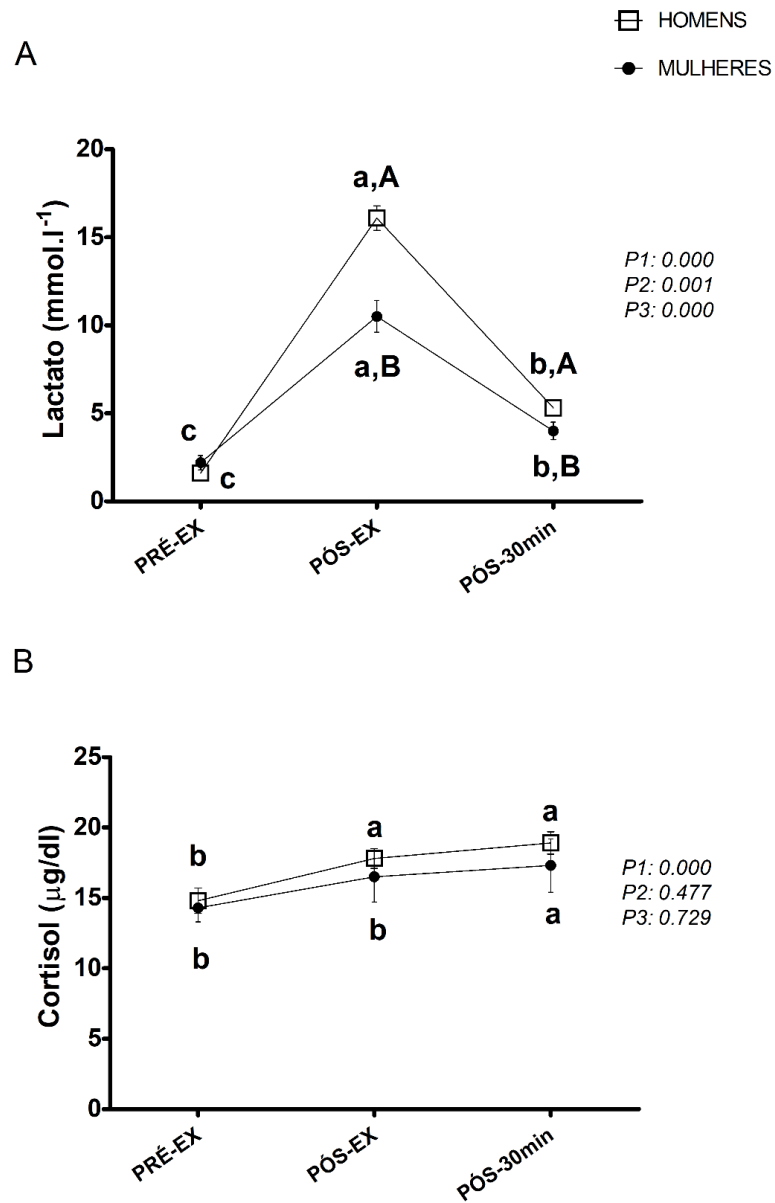


FIGURA 14. Variação de lactato (A) e cortisol (B) de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e os dois pós-exercício (PÓS-EX e PÓS-30min). As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os sexos; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

P1: efeito dos tempos

P2: efeito dos grupos

P3: interação grupos x tempos

Tabela 8. Delta percentual de lactato e cortisol entre os momentos pré-exercício e pós-exercício de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy”.

Variável	Grupo	PRÉ-EX / PÓS-EX	PRÉ-EX / PÓS-30MIN
Lactato	HOM	89,9%	69,1%
	MUL	79,0%	45,1%
Cortisol	HOM	16,7%	21,6%
	MUL	13,4%	17,7%

HOM: homens; MUL: mulheres.

6.2 Leucócitos

A contagem de leucócitos aumentou imediatamente após o treino 'Cindy' em comparação aos valores basais, para todos os participantes, retornando aos valores pré-exercício no pós-30 min (Figura 15.A). Houve aumento significativo na contagem de neutrófilos no pós-ex e no pós-30 min, retornando aos valores pré-ex no pós-24h para todos os participantes (Figura 15.B). Os níveis de linfócitos aumentaram no pós-ex e diminuíram no pós-30 min, retornando aos valores pré-ex nas 24h após o final do protocolo, para todos os participantes (Figura 15.C). Houve um aumento significativo nos níveis de monócitos no pós-ex, que retornaram aos valores pré-ex dentro de 30min e aumentaram novamente 24h após o término do protocolo para todos os participantes (Figura 15.D).

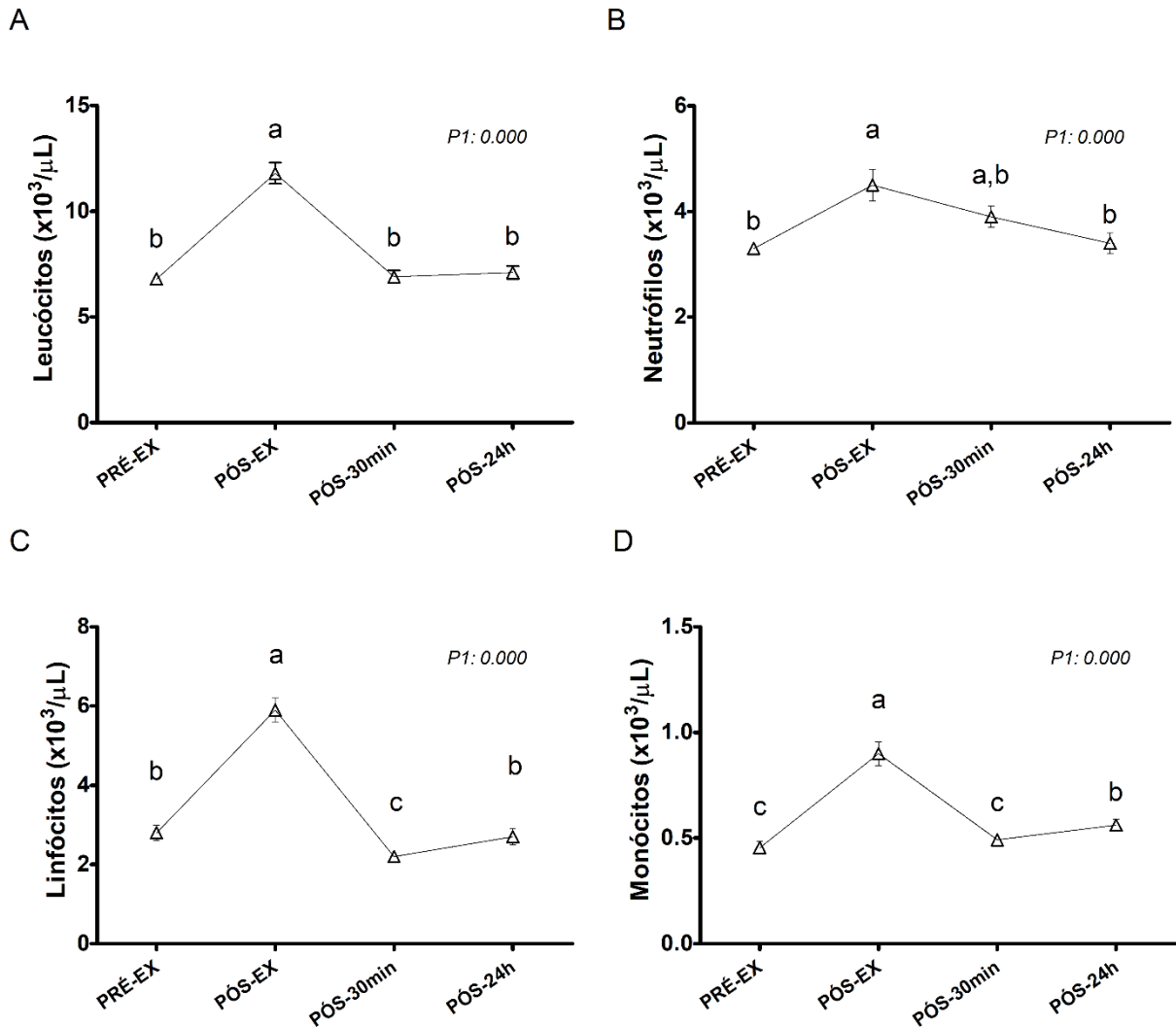


FIGURA 15. Variação de leucócitos (A), neutrófilos (B), linfócitos (C) e monócitos (D) dos participantes submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-EX, PÓS-30min e PÓS-24h). As letras comparam as médias entre os pontos no tempo; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$). P1: efeito dos tempos

Não houve diferenças entre os grupos EXP e NOV na contagem de leucócitos (Figura 16.A). Não houve diferenças entre os grupos na contagem de neutrófilos; no entanto, apenas no grupo NOV, os valores no pós-30min diminuíram ($p = 0,020$) quando comparados aos valores imediatamente pós-ex (Figura 16.B). O delta percentual ($\Delta\%$) em relação ao valor pré-ex de neutrófilos para EXP foi 12,9% superior ao de NOV. Os níveis de linfócitos no EXP foram significativamente maiores ($p = 0,005$) no pós-ex do

que nos indivíduos NOV (Figura 16.C). A contagem de linfócitos nos EXP no pós-30min diminuiu 24,9% a mais do que NOV (Tabela 9). Os níveis de monócitos não diferiram entre os grupos (Figura 16.D).

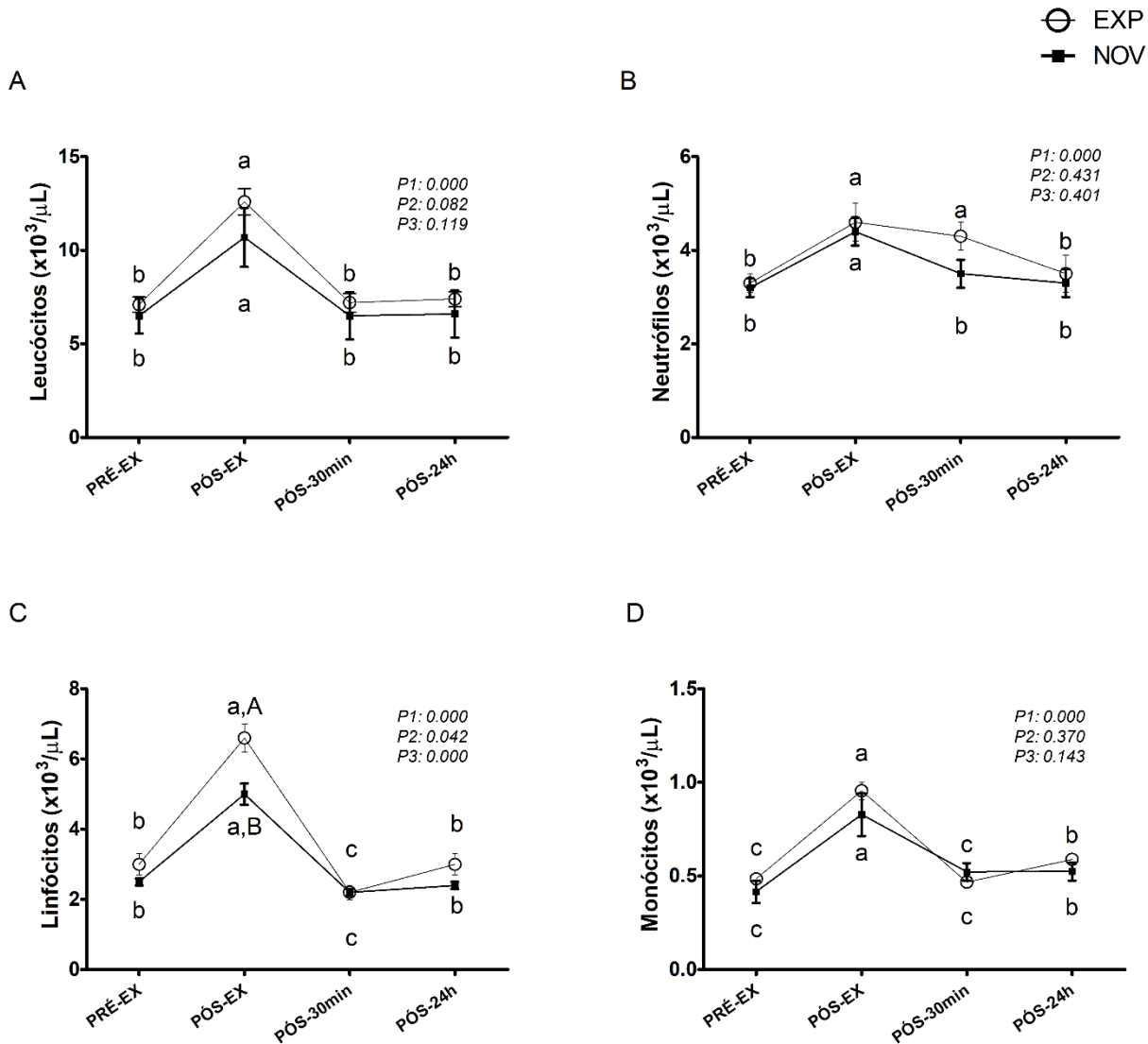


FIGURA 16. Variação de leucócitos (A), neutrófilos (B), linfócitos (C) e monócitos (D) de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e os três pós-exercício (PÓS-EX, PÓS-30min e PÓS-24h). As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os níveis de experiência; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

EXP: experientes; NOV: novatos

P1: efeito dos tempos

P2: efeito dos grupos

P3: interação grupos x tempos

TABELA 9. Delta percentual de leucócitos, neutrófilos, linfócitos e monócitos entre os momentos pré-exercício e os três pós-exercício de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy”.

Variável	Grupo	PRÉ-EX / PÓS-EX	PRÉ-EX / PÓS-30MIN	PRÉ-EX / PÓS-24H
Leucócitos	EXP	43,5%	0,8%	4,0%
	NOV	39,7%	1,2%	1,3%
Neutrófilos	EXP	27,8%	21,5%	5,0%
	NOV	27,2%	8,6%	3,9%
Linfócitos	EXP	54,3%	-34,9%	0,1%
	NOV	50,2%	-10,6%	-4,2%
Monócitos	EXP	49,2%	-3,6%	17,6%
	NOV	49,7%	20,3%	20,6%

EXP: experientes; NOV: novatos

As curvas de leucócitos totais e de contagens diferenciais foram muito semelhantes, geralmente sem variações quanto ao sexo (Figura 17). Apresentaram aumento no pós-ex, seguido de diminuição nos valores pós-30 min. A única diferença identificada em relação ao sexo foi a contagem de monócitos maior nos homens do que nas mulheres, sendo observada interação grupo x tempo nesta variável (Figura 17.D). Os valores do $\Delta\%$ também foram superiores nos homens em relação a mulheres na contagem de monócitos (Tabela 10).

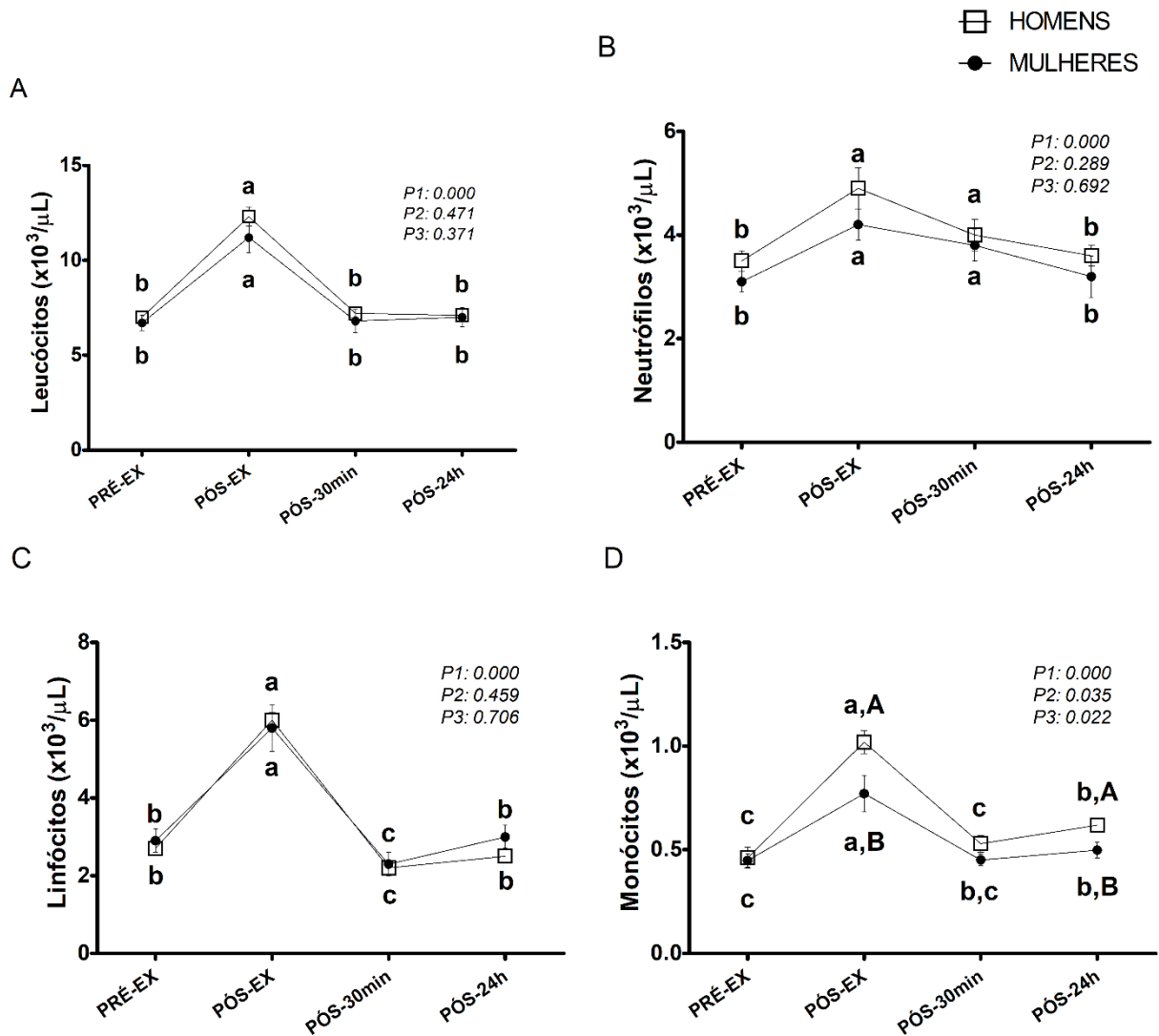


FIGURA 17. Variação de leucócitos (A), neutrófilos (B), linfócitos (C) e monócitos (D) de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-EX, PÓS-30min e PÓS-24h). As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os sexos; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

P1: efeito dos tempos

P2: efeito dos grupos

P3: interação grupos x tempos

TABELA 10. Delta percentual de leucócitos, neutrófilos, linfócitos e monócitos entre os momentos pré-exercício e os três momentos pós-exercício, de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy”.

Variável	Grupo	PRÉ-EX / PÓS-EX	PRÉ-EX / PÓS-30MIN	PRÉ-EX / PÓS-24H
Leucócitos	HOM	43,4%	0,5%	1,9%
	MUL	40,3%	1,4%	4,0%
Neutrófilos	HOM	28,9%	14,3%	5,1%
	MUL	25,7%	18,9%	3,9%
Linfócitos	HOM	54,8%	-23,6%	-6,0%
	MUL	50,5%	-25,1%	2,6%
Monócitos	HOM	54,7%	12,7%	25,3%
	MUL	41,9%	0,7%	10,1%

HOM: homens; MUL: mulheres

A tabela 10 apresenta a razão neutrófilos-linfócitos (RNL) após uma sessão de treino “Cindy”. A RNL diminuiu significativamente no pós-ex em comparação com os valores basais, aumentando para valores acima do pré-ex e pós-ex ($p < 0,01$), e retornando aos valores pré-ex nas 24 horas após o final do protocolo para todos os participantes. A razão neutrófilos-cortisol (RNC) aumentou imediatamente após o exercício e diminuiu após 30 minutos para todos os participantes ($p < 0,01$) (Tabela 11).

TABELA 11. Variação da razão neutrófilo/linfócito e razão neutrófilo/cortisol dos participantes submetidos ao protocolo “Cindy” ($M \pm EPM$ [DP]).

Variável	PRÉ-EX	PÓS-EX	PÓS-30MIN	PÓS-24 H
RNL	1,26 \pm 0,09 [0,43]b	0,80 \pm 0,05 [0,25]c	1,84 \pm 0,14 [0,67]a	1,36 \pm 0,12 [0,59]b
RNC	0,23 \pm 0,01 [0,07]b	0,28 \pm 0,02 [0,10]a	0,23 \pm 0,02 [0,08]b	-

RNL: razão neutrófilos-linfócitos; RNC: razão neutrófilos-cortisol

Apesar dos EXP terem apresentado maior alteração intragrupo da RNL ao longo dos quatro momentos, não houve diferenças entre os grupos EXP e NOV para esta variável (Tabela 12). A RNC em NOV foi maior no pós-ex ($p = 0,021$) do que nos EXP (Tabela 12).

TABELA 12. Variação da razão neutrófilo/linfócito e razão neutrófilo/cortisol de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy” (M ± EPM [DP]).

Variável	Grupo	PRÉ-EX	PÓS-EX	PÓS-30MIN	PÓS-24 H
RNL	EXP	1,20 ± 0,14 [0,50]b	0,72 ± 0,07 [0,25]c	2,04 ± 0,22 [0,78]a	1,28 ± 0,18 [0,65]b
	NOV	1,34 ± 0,10 [0,33]a	0,91 ± 0,07 [0,22]b	1,58 ± 0,12 [0,39]a	1,46 ± 0,16 [0,52]a
RNC	EXP	0,22 ± 0,02 [0,06]a	0,24 ± 0,02 [0,08]a,B	0,22 ± 0,02 [0,07]a	-
	NOV	0,25 ± 0,02 [0,07]b	0,34 ± 0,03 [0,11]a,A	0,24 ± 0,03 [0,09]b	-

As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os níveis de experiência; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

EXP: experientes; NOV: novatos; RNL: razão neutrófilos-linfócitos; RNC: razão neutrófilos-cortisol

Em comparação aos valores basais, a RNL diminuiu no pós-ex, e após 30 min aumentou para valores acima daqueles dos basais ($p \leq 0,01$). Após 24h os valores retornaram aos iniciais para homens e mulheres. Não houve diferenças entre os sexos em relação ao RNL (Tabela 13). A RNC aumentou no pós-ex ($p = 0,044$) e diminuiu após 30 min ($p = 0,062$) apenas para mulheres, enquanto para homens foi diferente entre pós-ex e pós-30 min ($p = 0,008$) (Tabela 13).

TABELA 13. Variação da razão neutrófilo/linfócito e razão neutrófilo/cortisol de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy” (M ± EPM [DP]).

Variável	Grupo	PRÉ-EX	PÓS-EX	PÓS-30MIN	PÓS-24 H
RNL	HOM	1,34 ± 0,14 [0,49]b	0,82 ± 0,07 [0,24]c	1,94 ± 0,24 [0,84]a	1,45 ± 0,10 [0,35]b
	MUL	1,17 ± 0,11 [0,37]a	0,78 ± 0,08 [0,27]b	1,73 ± 0,13 [0,45]a	1,26 ± 0,24 [0,78]a
RNC	HOM	0,24 ± 0,02 [0,07]	0,28 ± 0,03 [0,09]	0,22 ± 0,02 [0,08]	-
	MUL	0,23 ± 0,02 [0,06]	0,28 ± 0,04 [0,12]	0,24 ± 0,03 [0,09]	-

As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os níveis de experiência; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

HOM: homens; MUL: mulheres; RNL: razão neutrófilos-linfócitos; RNC: razão neutrófilos-cortisol

6.3 Dano muscular

Em comparação com os valores pré-ex, houve aumentos significativos na CK em todos os momentos para todos os participantes. Não houve diferenças entre os momentos imediatamente após, 30 minutos após e 24 horas após o exercício (Figura 18).

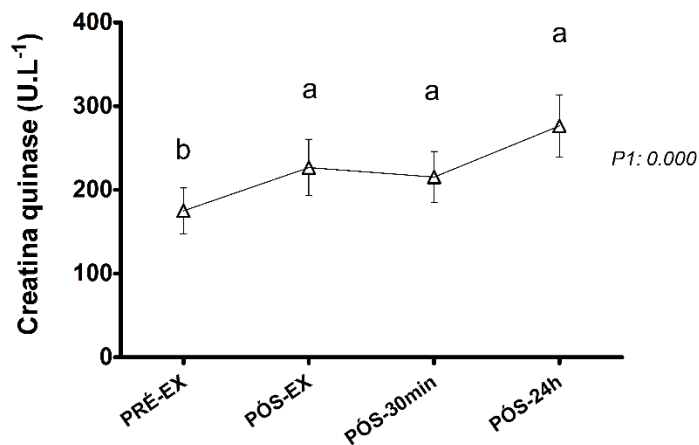


FIGURA 18. Variação de creatina quinase dos participantes submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-EX, PÓS-30min e PÓS-24h). As letras comparam as médias entre os pontos no tempo; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$). P1: efeito dos tempos

Os níveis séricos de CK aumentaram nos três momentos pós-exercício para EXP e NOV, sem apresentarem diferenças entre os grupos (Figura 19). Foram observados valores similares no $\Delta\%$ entre EXP e NOV nos três momentos pós-exercício (Tabela 14).

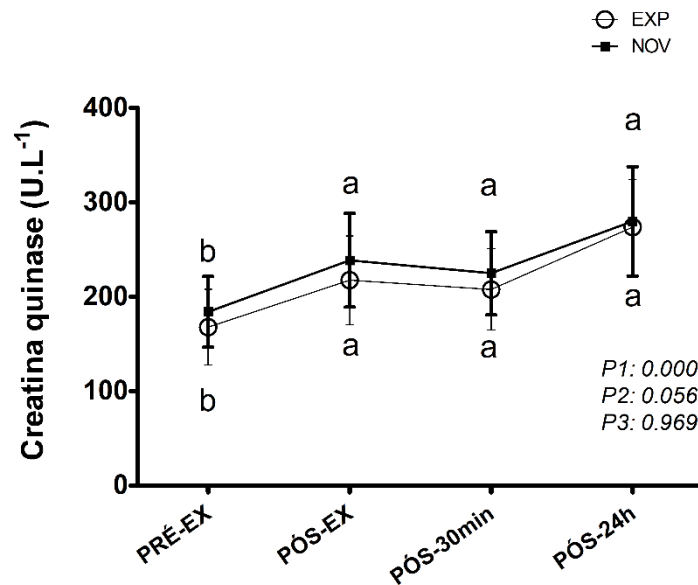


FIGURA 19. Variação de creatina quinase de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-EX, PÓS-30min e PÓS-24h). As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os níveis de experiência; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

P1: efeito dos tempos

P2: efeito dos grupos

P3: interação grupos x tempos

TABELA 14. Delta percentual de creatina quinase entre os momentos pré-exercício e pós-exercício de experientes e novatos submetidos ao protocolo “Cindy”.

Variável	Grupo	PRÉ-EX / PÓS-EX	PRÉ-EX / PÓS-30MIN	PRÉ-EX / PÓS-24H
CK	EXP	22,8%	19,2%	38,7%
	NOV	22,8%	18,1%	34,2%

CK: creatina quinase; EXP: experientes; NOV: novatos.

Ao longo dos momentos, os níveis séricos de CK aumentaram para homens e mulheres (Figura 20.A). A comparação entre os sexos mostrou maiores concentrações de CK nos homens nos três primeiros momentos, exceto em 24h (Figura 20.A). As mulheres apresentaram $\Delta\%$ de 17,7% acima dos homens nas 24h pós-exercício (Tabela 15). Houve aumento da razão creatina quinase/massa magra (CK/MM) ao longo dos tempos, sem diferenças entre os sexos (Figura 20.B).

A razão $CK_{\text{pós-24h}}/CK_{\text{pré-ex}}$ foi de 1,43 para homens e 1,91 para mulheres. A relação entre $CK/MM_{\text{pós-24h}}$ e $CK/MM_{\text{pré-ex}}$ também foi de 1,43 para homens e 1,90 para mulheres.

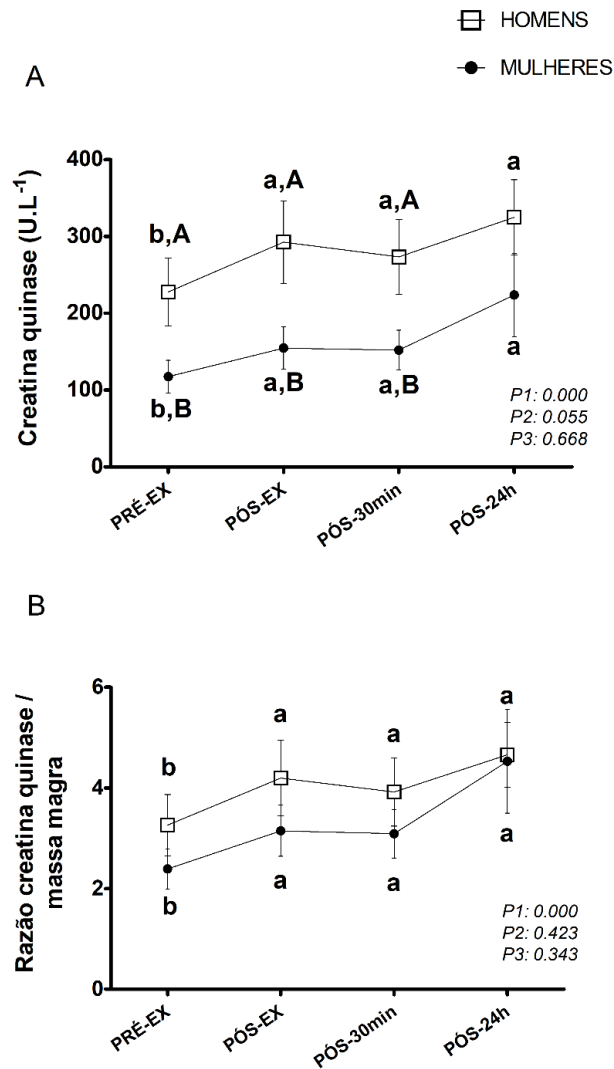


FIGURA 20. Variação de creatina quinase e razão creatina quinase/massa magra de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy”. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-EX, PÓS-30min e PÓS-24h). As letras minúsculas comparam as médias entre os pontos no tempo e as maiúsculas comparam os sexos; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

P1: efeito dos tempos

P2: efeito dos grupos

P3: interação grupos x tempos

TABELA 15. Delta percentual de creatina quinase entre os momentos pré-exercício e os três pós-exercício de homens e mulheres submetidos ao protocolo “Cindy”.

Variável	Grupo	PRÉ-EX / PÓS-EX	PRÉ-EX / PÓS-30MIN	PRÉ-EX / PÓS-24H
CK	HOM	22,2%	16,7%	29,9%
	MUL	24,1%	22,8%	47,6%

CK: creatina quinase; HOM: homens; MUL: mulheres.

6.4 Estado redox

Para análise da atividade antioxidante foram utilizados 19 participantes, uma vez que houve perda amostral. Foi observada diminuição da SOD ($p < 0,05$) após a sessão de treinamento no pós-30min, em comparação ao valor pré-ex, para todos os participantes (Figura 21.A). Em comparação aos valores pré-exercício, houve aumentos ($p < 0,05$) em GPX e FRAP em 30min após o exercício, conforme mostram as Figuras 21.B e 21.C, respectivamente.

Quanto ao estresse oxidativo, foi possível avaliar o resultado de 11 participantes somente, devido perda amostral. TBARS não alterou ($p > 0,05$) após a sessão de treinamento no pós-30min em comparação com os valores iniciais (Figura 21.D).

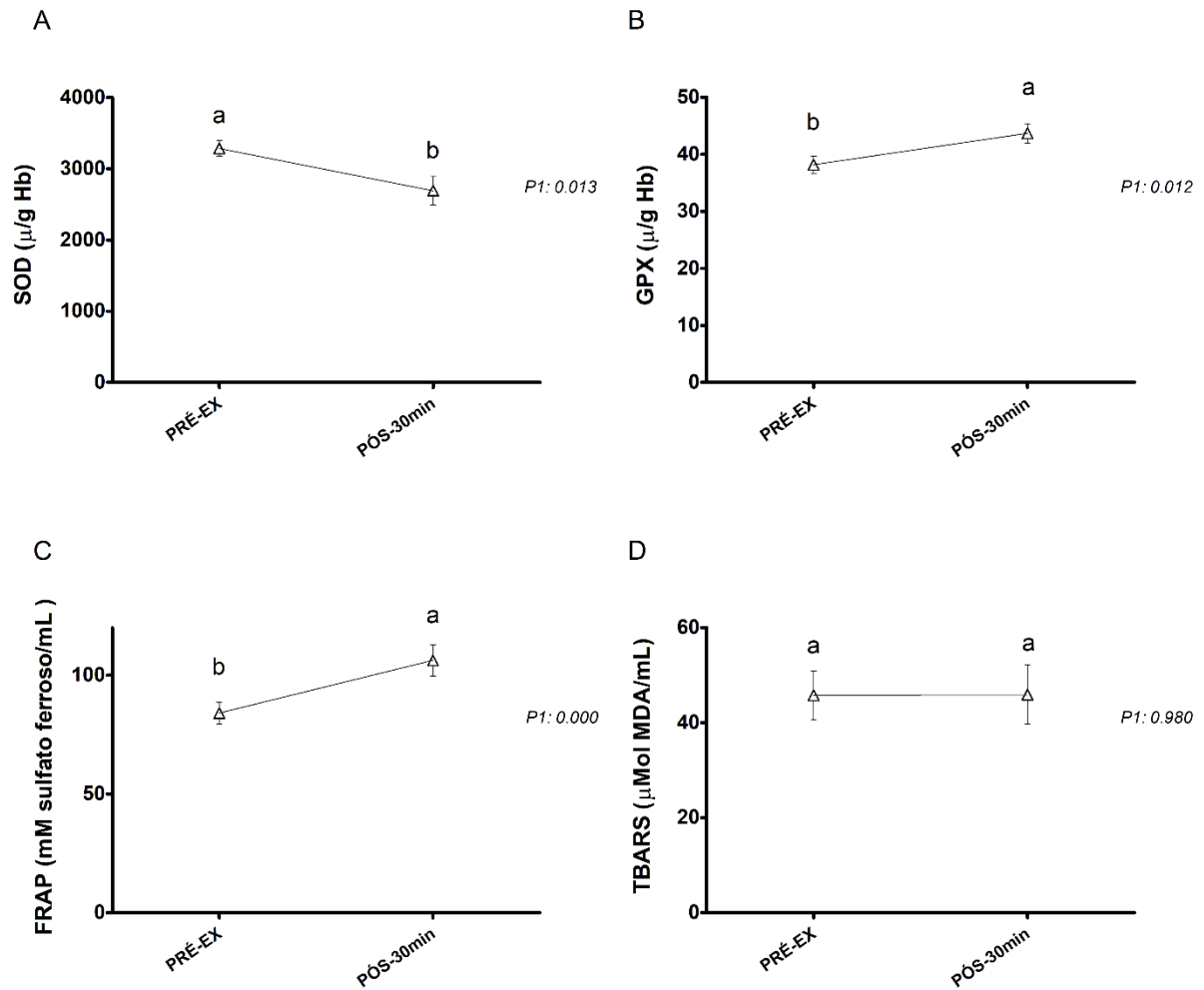


FIGURA 21. Variação de SOD (A), GPX (B) e FRAP (C) em 19 participantes e TBARS (D) em 11 participantes. Comparações entre os momentos pré-exercício e pós-exercício (PÓS-30min). As letras comparam as médias entre os pontos no tempo; as médias seguidas de letras diferentes são estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$), enquanto as médias seguidas da mesma letra ou não seguidas de nenhuma letra não diferem ($p \geq 0,05$).

P1: efeito dos tempos

SOD: superóxido dismutase; GPX: glutatona peroxidase; FRAP: *ferric reducing antioxidant power*; TBARS: substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico.

6.5 Correlações entre as variáveis

A massa gorda apresentou correlações moderadas e negativas com leucócitos ($r = -0,43$; $p = 0,041$), linfócitos ($r = -0,49$; $p = 0,018$) e cortisol ($r = -0,51$; $p = 0,013$), todas no momento pós-ex.

A massa magra apresentou correlações moderadas com a CK nos momentos pós-ex ($r = 0,45$; $p = 0,032$) e pós-30min ($r = 0,44$; $p = 0,034$), bem como com a concentração de lactato no pós-ex ($r = 0,58$; $p = 0,004$).

O resultado no teste de força máxima por meio do levantamento terra apresentou correlações moderadas com CK nos seguintes momentos: pós-ex ($r = 0,54$; $p = 0,018$), pós-30min ($r = 0,55$; $p = 0,008$) e pós-24h ($r = 0,48$; $p = 0,021$). A força máxima também se correlacionou com a concentração de lactato no pós-ex ($r = 0,59$; $p = 0,004$). O VO_{2max} e a concentração de lactato no pós-ex apresentaram correlações moderadas ($r = 0,49$; $p = 0,019$).

O número de *rounds* apresentou correlações moderadas apenas com leucócitos ($r = 0,43$; $p = 0,040$), linfócitos ($r = 0,55$; $p = 0,006$) e cortisol ($r = 0,53$; $p = 0,010$) no momento pós-ex.

As demais correlações não foram apresentadas em virtude de terem sido fracas ou não apresentarem significância estatística.

7 DISCUSSÃO

A presente tese investigou se contagem de leucócitos, concentração sérica de CK, concentrações de cortisol e lactato, atividade antioxidante e estresse oxidativo são afetados por uma sessão aguda de HIFT, especificamente o protocolo de treino “Cindy”. Esse protocolo foi escolhido pelo fato de causar maior estresse metabólico e cardiovascular quando comparado a outros protocolos de HIFT (Kluszczewicz *et al.*, 2015; Maté-Muñoz *et al.*, 2017).

As principais conclusões deste estudo foram: a) após única sessão de treino “Cindy”, ocorreram alterações no número de leucócitos circulantes e subconjuntos, variando ligeiramente de acordo com o tempo de experiência e sexo; b) a sessão de treino também provocou aumento na concentração de creatina quinase, apresentando diferentes resultados em relação ao sexo; no entanto, ao corrigir a concentração de creatina quinase pela massa magra, homens e mulheres apresentaram resultados similares; c) os níveis de lactato aumentaram após a sessão de treino “Cindy”, variando de acordo com o sexo; d) a concentração de cortisol aumentou após a sessão de treino, com diferenças de acordo com o tempo de experiência.

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo a analisar os efeitos agudos de uma sessão de HIFT sobre as variáveis hematológicas e hormonais, e a fornecer informações fundamentais sobre esses biomarcadores. Os resultados deste estudo podem ser úteis devido ao aumento do número de praticantes de HIFT, que podem experimentar mudanças fisiológicas na qualidade e no número de leucócitos, afetando assim sua capacidade de resistir à infecções comuns (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013).

Ao contrário do que se observa em outros estudos, os participantes do presente estudo nunca participaram de competições. Adicionalmente, nossos participantes apresentaram $VO_{2máx}$ inferior ao encontrado por Tibana *et al.* (2016), os quais avaliaram atletas amadores. No que se refere ao número mínimo de *rounds* realizados, nossos participantes também apresentaram desempenho inferior ao de outros estudos recentes (Maté-Muñoz *et al.*, 2017, 2018). Butcher *et al.* (2015), encontrou média de 23,3 *rounds* no treino “Cindy” de atletas de HIFT que competiram o CrossFit *Open* e/ou Regional em 2014. Vale destacar que nesses estudos supracitados foram recrutados somente homens, e com média de idade inferior à dos participantes do presente estudo.

Na comparação entre EXP e NOV, quanto ao número de *rounds* realizados, acredita-se que, mesmo tendo realizado maior número (20 *pull-ups*, 40 flexões e 60 agachamentos a mais no grupo EXP), os participantes do grupo EXP apresentaram melhor capacidade de recuperação entre os *rounds*. Ressalta-se que, na etapa de caracterização dos participantes, o grupo EXP apresentou capacidade aeróbia superior ($> 1,5 \text{ ml.kg.min}^{-1}$) ao grupo NOV, fato também observado em estudo publicado recentemente, no qual a superioridade da capacidade aeróbia e desempenho em HIFT foi demonstrada em participantes com mais tempo de experiência na modalidade (Bellar *et al.*, 2015). A maior capacidade aeróbia tem sido relacionada à alta taxa de remoção de lactato, uma vez que o treinamento aeróbio pode promover maior síntese de transportadores de monocarboxilato (Opitz *et al.*, 2015). Importante salientar que, apesar de diferente estatisticamente, o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ superior do grupo EXP é pouco significativo, quando visto por um olhar fisiológico. Devido terem maior tempo de experiência do que os NOV, esperava-se valor consideravelmente superior ao encontrado no presente achado.

Apesar das evidências mencionadas no parágrafo anterior, não é possível afirmar que o maior $\text{VO}_{2\text{máx}}$ do grupo EXP seja responsável pela diferença no número de *rounds*, uma vez que, na comparação entre homens e mulheres, os homens apresentaram $\text{VO}_{2\text{máx}}$ superior ao de mulheres, porém essa diferença não refletiu na quantidade de *rounds* realizados. No mesmo sentido, estudo anterior identificou que o $\text{VO}_{2\text{máx}}$ não pôde prever o desempenho em um WOD de CrossFit® (Butcher *et al.*, 2015). Vale ressaltar que não houve diferenças no nível de força máxima entre os grupos EXP e NOV, mas sim entre homens e mulheres, o que mais uma vez não parece ter influenciado no desempenho do número de *rounds*. Embora o grupo NOV tivesse apenas entre 3 a 8 meses de experiência com HIFT, todos tinham vivência no treinamento de força, principalmente treinamento resistido. Portanto, é possível especular que a diferença entre EXP e NOV quanto ao número de *rounds* seja explicada pela resistência muscular local, parâmetro não avaliado no presente estudo.

Avaliando a FC média alcançada durante o treino “Cindy”, obtivemos um valor médio de $172,0 \pm 8,6 \text{ bpm}$ ($93,1 \pm 2,3\% \text{ FC}_{\text{máx}}$). De acordo com as diretrizes do ACSM, esse percentual da $\text{FC}_{\text{máx}}$ pode ser descrito como próximo ao correspondente do

exercício de intensidade máxima (Garber *et al.*, 2011). Estudos que usaram o treino “Cindy” como intervenção também encontraram alta demanda cardiovascular (Butcher *et al.*, 2015; Kliszczewicz, Snarr e Esco, 2014; Maté-Muñoz *et al.*, 2018). Portanto, podemos considerar que nossa proposta inicial de alcançar alta intensidade por meio de uma sessão HIFT foi alcançada.

Um dos achados deste estudo foi a alta intensidade de treino refletida pelos níveis de lactato sanguíneo. Os resultados relatados no presente estudo estão de acordo com outras investigações que observaram níveis elevados de lactato no treino “Cindy”, em que esta variável excede 10 mmol/L^{-1} (Kliszczewicz *et al.*, 2015; Maté-Muñoz *et al.*, 2017, 2018). Em nossos resultados, mesmo após 30 minutos de recuperação, os níveis de lactato sanguíneo ainda permaneceram acima dos valores iniciais ($>2.8 \text{ mmol/L}^{-1}$).

Não houve diferenças nos níveis de lactato sanguíneo entre EXP e NOV. Da mesma forma, a PSE, outra variável de intensidade, apresentou respostas similares entre EXP e NOV. Publicação recente (Falk Neto *et al.*, 2020) mostrou correlação moderada entre PSE e lactato sanguíneo 30 minutos após uma sessão de treino de HIFT.

Em nosso estudo homens apresentaram maior concentração sanguínea de lactato quando comparados às mulheres, corroborando com o estudo de Heavens *et al.* (2014), que comparou o efeito de exercício resistido com repouso curto sobre o lactato em ambos os sexos. O estudo de Sargent e Scroop (2007) identificou que o acúmulo de lactato sanguíneo também foi menor em mulheres que se exercitavam na mesma intensidade relativa dos homens, possivelmente devido à redução da atividade glicolítica muscular no sexo feminino. Adicionalmente, os níveis aumentados de lactato sanguíneo, bem como a redução de glicogênio nas fibras do tipo I, foram menores nas mulheres do que nos homens durante o exercício de sprint (Esbjörnsson-Liljedahl, Bodin e Jansson, 2002). Apesar da diferença entre as concentrações de lactato sanguíneo, homens e mulheres atribuíram similares valores da PSE 30 minutos após o treino.

Importante destacar que, apesar dos indicadores de intensidade de treino terem sido similares entre EXP e NOV, a razão PSE/número de rounds apresentou disparidades entre os grupos, mostrando que os sujeitos do grupo EXP perceberam menos esforço por *round*. Na comparação entre homens e mulheres, foram observados valores similares da razão PSE/número de rounds.

Mesmo com as diferenças observadas na antropometria e no condicionamento físico, tanto experientes quanto novatos, bem como homens e mulheres foram capazes de atingir alta demanda cardiorrespiratória e esforço percebido, evidenciando que o treino “Cindy” é um protocolo apropriado para atingir alta intensidade em diferentes perfis de praticantes.

Na presente investigação, a concentração de cortisol aumentou imediatamente após o exercício e permaneceu elevada após 30 min. Após exercícios extremamente estressantes, é provável que ocorra a liberação de hormônios, incluindo testosterona, estrogênio e cortisol (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000; Slattery, Bentley e Coutts, 2015). Imediatamente após o exercício têm sido reportados aumentos de cortisol em protocolos de exercícios de alta intensidade (Heavens *et al.*, 2014; Szivak *et al.*, 2013). Este aumento de cortisol circulante após protocolos de exercícios de alta intensidade alerta sobre alguns resultados possivelmente negativos na saúde, como a saturação de muitos receptores-alvo no processo de reparo e na resposta imunológica (Szivak *et al.*, 2013).

Na comparação de acordo com o tempo de experiência, o grupo EXP apresentou concentração de cortisol maior do que o grupo NOV imediatamente e 30 min após o exercício, inclusive na análise da área sob a curva. Isso pode ser explicado, novamente, pelo maior número de *rounds* realizados pelo grupo EXP, uma vez que estudo anterior revelou que os níveis séricos de cortisol se elevam proporcionalmente à intensidade e duração do exercício (Hill *et al.*, 2008), logo, se os experientes realizaram maior número de *rounds* no mesmo período do protocolo, significa que tiveram menor tempo de descanso e maior duração de esforço. É importante notar que foi encontrada uma correlação moderada entre o cortisol e o número de rodadas no pós-ex.

As alterações do nível de cortisol sérico ao longo do tempo nos homens e nas mulheres foram bastante semelhantes, sem diferença de concentração quanto ao sexo, o que pode ser justificado pela mesma quantidade de trabalho realizado por ambos. Resultados similares na comparação entre sexo em protocolos de exercícios de alta intensidade e curto intervalo de descanso foram observados (Heavens *et al.*, 2014).

Após o treino “Cindy”, houve alterações no número de leucócitos circulantes e subconjuntos, que variaram ligeiramente de acordo com o nível de experiência. O número total de leucócitos circulando no sangue periférico é fortemente influenciado pelo

exercício físico (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013; Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000). No presente estudo, encontramos um aumento significativo na contagem de leucócitos pós-ex, que tem sido atribuído à ativação simpática e liberação imediata de catecolaminas durante o exercício, promovendo a demarginação dos leucócitos aderidos ao *pool* marginal, bem como o recrutamento celular dos tecidos de armazenamento e síntese para circulação por ação mecânica (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

Embora os leucócitos tenham retornado aos valores iniciais após 30 minutos, os neutrófilos permaneceram acima e os linfócitos abaixo dos valores basais. Acreditamos que os resultados de neutrófilos e linfócitos após 30 min sejam consequência da ação tardia do cortisol, possivelmente mediada pela IL-6. No exercício de intensidade máxima, ocorre aumento de várias citocinas na circulação sanguínea, sendo a IL-6 a principal. Geralmente, a IL-6 é liberada pelo músculo esquelético e tecido adiposo. Quando ocorre lesão muscular, as células imunes se infiltram no músculo esquelético e secretam IL-6 também, causando uma elevação na concentração plasmática, mas somente no período necessário para reparar o tecido danificado. O aumento significativo de IL-6 no exercício máximo é principalmente devido à maior liberação pelo músculo esquelético (Hennigar, McClung e Pasiakos, 2017).

Além disso, o baixo consumo crônico de carboidratos e os baixos estoques de glicogênio muscular podem estimular a síntese de IL-6 no exercício. A elevação da IL-6 no exercício culmina em uma série de eventos metabólicos, como glicogenólise hepática e gliconeogênese, degradação da gordura nos adipócitos, degradação da proteína muscular e aminoácidos e aumento da liberação de cortisol pelas glândulas adrenais (Morano *et al.*, 2020). O aumento do cortisol tem efeitos tardios, como inibição da mitogênese e/ou aceleração da apoptose linfocitária resultando em linfocitopenia, além de elevar a mobilização de neutrófilos da medula óssea no sangue, o que aumenta a contagem dessas células ao final das sessões de exercícios (Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

Após o treino de alta intensidade, a linfocitopenia parece ser resultado de morte por apoptose (Navalta *et al.*, 2010) ou migração de células imunológicas (Friedman *et al.*, 2012), ou por ambos (Navalta *et al.*, 2014).

Na presente tese, não houve diferença entre o RNC pré-ex e pós-30min, o que sugere a possível ação tardia do cortisol sobre essas células brancas. Vale ressaltar que, conforme esperado, o RNC no pós-ex não justifica o aumento de neutrófilos observado no estudo pois no pós-ex os efeitos das catecolaminas costumam ser mais relevantes.

As alterações na contagem de neutrófilos observadas após o HIFT não podem ser consideradas fator de risco para infecção. Além disso, adolescentes e adultos apresentam contagem de linfócitos de $1,5$ a $4,0 \times 10^9/L$, sendo 50% deles geralmente células TCD4+, que são células centrais na imunidade contra doenças infecciosas causadas pela AIDS e agentes intracelulares. A linfocitopenia está presente em adultos quando a contagem absoluta de linfócitos está abaixo de $1,5 \times 10^9$ células/L (England e Bain, 1976). A contagem de linfócitos mais baixa detectada neste estudo está acima do limite normal inferior.

O número de monócitos reverteu rapidamente aos seus valores pré-ex originais no pós-30 min, e eles mostraram monocitose atrasada em 24 h pós-ex, como previsto. Há evidência de aumento da contagem de monócitos após 1,5–2,0h de recuperação após sessões de exercícios de resistência (Gleeson, Bishop e Walsh, 2013; Pedersen e Hoffman-Goetz, 2000).

Os fumantes de cigarro têm contagens médias de leucócitos mais altas do que os não fumantes, com maiores aumentos em fumantes pesados, cerca de 30%, afetando neutrófilos, linfócitos e monócitos (Corre, Lellouch e Schwarz, 1971). Nenhum dos participantes do presente estudo era tabagista e apresentou valores acima da referência nos índices leucocitários, o que é fundamental para um ótimo desempenho físico.

A baixa ingestão de carboidratos pode promover distúrbios imunológicos e uma maior taxa de proteólise e elevação de CK, provavelmente por meio de mecanismos que envolvem maior liberação de IL-6 do músculo esquelético na circulação sanguínea durante o exercício (Weisenthal *et al.*, 2014). Porém, deve-se ressaltar que no pré-ex os participantes ingeriram um café da manhã padronizado, com quantidade adequada de carboidratos (Schoenfeld *et al.*, 2014), o que minimizou o impacto de uma ingestão inadequada desse macronutriente e, conseqüentemente, comprometimento dos resultados desta investigação.

Na comparação do nível de experiência, o grupo EXP apresentou contagens de linfócitos maiores no pós-ex do que o grupo NOV, apesar da variação percentual em relação ao valor inicial ter sido similar (EXP: 54,3% e NOV: 50,2%). A maior contagem de linfócitos pode estar relacionada à capacidade que os EXP têm de se recuperar mais rapidamente para novas sessões de treinamento, uma vez que seu sistema imunológico tem uma melhor memória para esse tipo de estresse (Nieman e Wentz, 2019; Peake, Neubauer, Walsh, *et al.*, 2017).

Embora a RNL estivesse dentro da faixa normal, conforme proposto por Forget *et al.* (2017), no pós-30min foi observado valor superior ao pré-ex apenas no grupo EXP (mais exposto ao cortisol), corroborando a hipótese de que o cortisol promove um ambiente pró-neutrófilo, anti-linfócito. Adicionalmente, o $\Delta\%$ entre os momentos pós-30min e pré-ex foi de 34,9% nos EXP e 10,6% nos NOV, colaborando com a ação antilinfocitária do cortisol. Vale destacar que o número de *rounds* apresentou correlações significantes com leucócitos e linfócitos no pós-ex, evidenciando mais uma vez que o volume de treino parece promover maiores oscilações nas células brancas.

Tanto em homens quanto em mulheres, as contagens de leucócitos retornaram aos valores pré-ex, com os neutrófilos permanecendo acima e os linfócitos abaixo dos valores basais após 30 minutos, não havendo diferenças entre sexos para essas células. Os valores médios de monócitos no pós-ex e pós-24h foram maiores nos homens do que nas mulheres. Por outro lado, as mudanças na contagem de células em resposta ao treino de “Cindy” foram semelhantes para monócitos, independentemente do sexo. Estudo comparando homens e mulheres jovens nadadores submetidos ao exercício intenso de natação não encontrou diferenças para contagem de monócitos (Morgado *et al.*, 2016).

Alterações leves podem ocorrer durante o ciclo menstrual - neutrófilos e monócitos diminuem e os eosinófilos tendem a aumentar durante a menstruação, enquanto os basófilos tendem a aumentar durante a ovulação (Mettler e Shirwani, 1974). No presente estudo, todas as mulheres foram avaliadas na fase folicular inicial do ciclo menstrual (2-7 dias após o início da menstruação) para minimizar o efeito das flutuações hormonais nos resultados obtidos.

Os estudos sobre a resposta hematológica ao exercício comparando os sexos são escassos, com resultados divergentes, como: nenhuma diferença na resposta dos

leucócitos ao exercício aeróbio entre os sexos (Gillum *et al.*, 2011); e níveis mais elevados de linfócitos e contagens de CD3⁺ de subconjuntos de linfócitos mais elevados em homens jovens do que em mulheres após um teste de natação (Morgado *et al.*, 2014).

A atividade da CK foi usada para avaliar o dano muscular. Esta consiste em uma proteína intramuscular geralmente impermeável à membrana, não conseguindo atravessá-la em sua totalidade. Quando ocorre o dano, há fragilidade e ruptura da membrana plasmática, sendo a CK liberada na circulação e eliminada do sangue pelo sistema reticuloendotelial (Heavens *et al.*, 2014), o que justifica o retardo da liberação da CK na circulação.

Um estudo recente avaliou as concentrações de CK de 12 homens experientes praticantes de HIFT em dois tipos diferentes de WODs (Timón *et al.*, 2019). Houve aumento significativo imediatamente após o exercício (WOD1 492 e WOD2 689 U/L⁻¹), e o pico de CK foi observado 24 horas após a intervenção (WOD1 673 e WOD2 864 U/L⁻¹), assim como ocorreu no presente estudo. O nível inicial de CK foi de 406 U/L⁻¹ no WOD1 e 566 U/L⁻¹ no WOD2.

Outro estudo acompanhou nove participantes por três dias de competição HIFT (Tibana *et al.*, 2019). Os resultados mostraram que a atividade da CK aumentou em 50% 24h após a competição (472 U/L⁻¹ no início do estudo e 698 U/L⁻¹ no pós-24h). Vale ressaltar que na investigação de Tibana *et al.* (2019), os participantes foram expostos a exercícios exaustivos por 3 dias consecutivos, enquanto em nosso estudo os participantes foram expostos a 20 minutos de intervenção. Além disso, os valores de CK apresentados pelo referido estudo na pré-competição foram superiores ao normal, demonstrando que, neste estudo, os participantes provavelmente iniciaram o experimento sem recuperação total, da mesma maneira identificada no estudo de Timón *et al.* (2019).

Com relação ao valor inicial (pré-ex) de CK, é importante mencionar que, em nosso estudo, os participantes tiveram dois dias de repouso absoluto antes do treino “Cindy”, e é provavelmente por esse motivo que os níveis iniciais de CK encontrados nos outros dois estudos (Tibana *et al.*, 2019; Timón *et al.*, 2019) foram muito mais elevados do que em nossos achados (174 U/L⁻¹) no pré-ex. Quanto ao pós-ex, no estudo de Timón *et al.* (2019) houve um aumento significativo de CK quando comparado ao pré-ex, assim como

observado em nosso estudo. Todos os estudos (Tibana *et al.*, 2019; Timón *et al.*, 2019) - incluindo o nosso - tiveram elevações significativas de CK no pós-24h em comparação ao pré-ex, como esperado.

Com relação ao aumento da CK entre os momentos pós-ex e pós-24h, é possível comparar nosso estudo com o de Timón *et al.* (2019), que também adotou valores de $\Delta\%$ na análise. Calculamos os valores de $\Delta\%$ e encontramos um aumento de 22%, enquanto Timón *et al.* (2019), no WOD2, observou um aumento de 37% no mesmo intervalo de tempo. O motivo do nosso $\Delta\%$ não ter se elevado na mesma magnitude, quando comparado ao estudo citado neste parágrafo, pode ser o padrão de movimento e não sua intensidade (Cerqueira *et al.*, 2020). Movimentos mais comumente executados foram adotados no presente estudo (barra fixa, flexão de braços e agachamento livre), enquanto movimentos mais complexos (*wall ball* e *power clean*) foram realizados no estudo de Timón *et al.* (2019).

Comparar os valores absolutos da concentração de CK observados nos únicos estudos (Tibana *et al.*, 2019; Timón *et al.*, 2019) realizados com praticantes de HIFT aos obtidos no presente estudo torna-se impraticável, pois os níveis iniciais já eram muito diferentes.

O grupo EXP executou significativamente mais trabalho (maior número de *rounds*), levando a um maior potencial de danos estruturais; no entanto, nenhuma diferença na concentração de CK entre os grupos EXP e NOV foi encontrada em qualquer momento. A semelhança no aumento da CK em ambos os grupos, mesmo com os EXP tendo realizado mais trabalho, pode ser explicada pelo fato de que esse fenômeno não depende da quantidade de trabalho em si, mas sim da quantidade de trabalho realizado em comparação com a quantidade de trabalho realizado previamente em treinamentos anteriores. Os praticantes EXP realizaram mais trabalho porque estavam acostumados a realizar maior carga de treinamento. Assim, a proporção entre o trabalho realizado na presente análise e o usualmente realizado previamente foi possivelmente semelhante entre os grupos EXP e NOV. Outra explicação provável são as diferenças inter-indivíduos na resposta de CK, observado pelo desvio padrão elevado, assim como observado em outra investigação (Tibana *et al.*, 2019).

As curvas dos níveis séricos de CK quanto aos momentos para homens e mulheres foram muito semelhantes. As concentrações de CK foram maiores no pós-ex, pós-30min e pós-24h para ambos os sexos, com os homens apresentando valores mais altos do que as mulheres em todos os momentos, exceto nas 24h após o exercício. Publicações demonstraram consistentemente que as concentrações basais e pós-exercício de CK são mais baixas em mulheres do que em homens no futebol (Souglis *et al.*, 2018) e exercícios resistidos (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014; Heavens *et al.*, 2014).

Ao contrário de nossos achados, Heavens *et al.* (2014) revelaram maiores concentrações de CK em homens do que em mulheres também após 24h. As curvas da razão $CK_{\text{pós-24h}}/CK_{\text{pre-ex}}$ no presente estudo foram semelhantes entre os sexos, porém o $\Delta\%$ das mulheres foi de 47,6%, enquanto dos homens 29,9%, revelando que nas 24h após o exercício, as mulheres tenderam a apresentar maior magnitude do dano muscular, o que levou a ausência de diferenças.

Uma investigação mostrou que um protocolo de treinamento resistido de alta intensidade e intervalos curtos de descanso, semelhante a uma sessão de HIFT, também provocou aumentos nas concentrações de CK em homens e mulheres (Heavens *et al.*, 2014). A razão da $CK_{\text{pós-24h}}/CK_{\text{pre-ex}}$ encontrada no estudo de Heavens *et al.* (2014) foi de 5,49 para homens e 4,37 para mulheres, enquanto no presente estudo foi de 1,42 e 1,91, respectivamente. É importante destacar que neste protocolo de treinamento resistido de alta intensidade e intervalos curtos de descanso foram usados exercícios (agachamento com barra livre, supino e levantamento terra) com carga externa (75% de 1RM do sujeito para cada exercício).

Foi sugerido também que fatores hormonais podem ser responsáveis pelas diferenças de sexo na concentração de CK (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014). A maior concentração de estrogênio, típica de mulheres (não medida no presente estudo), desempenha um papel protetor no processo de dano muscular induzido pelo exercício, mantendo a estabilidade da membrana celular, diminuindo o efluxo de CK das fibras musculares danificadas no sangue (Brancaccio, Maffulli e Limongelli, 2007).

No entanto, outros estudos sugeriram que a diferença entre os sexos se deve a uma maior massa muscular envolvida no exercício realizado em homens (Fernandez-Gonzalo *et al.*, 2014; Heavens *et al.*, 2014). Essa análise é confirmada pelos nossos

achados, quanto calculamos a a relação CK/MM e não identificamos diferenças entre homens e mulheres. Talvez a razão CK/MM possa ser chamada de “CK corrigida” (CKc), uma vez que esta variável deve ser interpretada como relativa a MM. Adicionalmente, reforçando a sugestão supracitada, foram observadas correlações entre a MM e CK, bem como entre a força máxima, avaliada por meio do exercício levantamento terra, e a CK.

Segundo Magherini *et al.* (2019), sessões de treinamento de alta intensidade podem levar ao dano oxidativo. De acordo com nossos achados, a sessão de treino “Cindy” não foi capaz de induzir aumento em TBARS, marcador de estresse oxidativo utilizado na presente investigação. Divergindo de nossos resultados, Kliszczewicz *et al.* (2015) avaliaram o protocolo “Cindy” em indivíduos fisicamente ativos e observaram aumento da peroxidação lipídica do plasma sanguíneo, indicando estresse oxidativo, após 1h.

De acordo com Groussard *et al.* (2003), o nível plasmático de TBARS parece não ser um marcador adequado durante alguns tipos de exercícios, como o teste de Wingate em cicloergômetro. O efeito do tipo de exercício na resposta ao estresse oxidativo ainda está em debate (Ammar *et al.*, 2020). Importante destacar que a análise do estresse oxidativo teve um pequeno número de participantes (n = 11), o que a torna altamente vulnerável a vieses.

Por outro lado, corroborando com nossos achados, o estudo de Kliszczewicz *et al.* (2015) encontrou aumento em FRAP. A elevação da FRAP plasmática está bem documentada em investigações anteriores que empregaram diferentes modalidades de exercício, tanto de caráter aeróbio quanto anaeróbio (Quindry *et al.*, 2003). Devido a intensidade do protocolo “Cindy”, era esperado que houvesse aumento desse marcador como resposta ao exercício.

Com relação à defesa antioxidante, de acordo com Criswell *et al.* (1993), o aumento na produção de ER pode provocar concentrações elevadas de enzimas antioxidantes para neutralizar a produção de radicais e minimizar o dano oxidativo. Apesar de não termos encontrado aumento do estresse oxidativo, os achados do presente estudo confirmam a tentativa de neutralização da produção de ER, uma vez que evidenciou aumentos significativos na atividade da GPX.

Conforme esperado, a atividade da SOD eritrocitária diminuiu no pós-30min. De acordo com Blum e Fridovich (1985), a diminuição na atividade de SOD sugere fortemente a presença de H₂O₂, que foi demonstrada *in vitro* para inibir a atividade de SOD.

8 CONCLUSÃO

Uma única sessão de HIFT - protocolo “Cindy” - desencadeou oscilações agudas nas respostas hematológicas, marcadores de estresse e dano muscular de forma similar a outros regimes de treinamento de alta intensidade do tipo. Os praticantes do grupo experientes mostraram maiores respostas em linfócitos e cortisol do que os participantes novatos. Mínimas diferenças na comparação entre sexos foram reveladas. Conclui-se que este protocolo, nas condições em que foi realizado e avaliado, pode ser utilizado igualmente para praticantes novatos, experientes, homens e mulheres.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

Nosso estudo mostrou que uma única sessão de “Cindy”, de alta intensidade, com apenas 20 minutos de duração, tendo pouco ou nenhum intervalo entre esforços, causou perturbações agudas na contagem de leucócitos, nos marcadores de estresse e dano muscular, similar a outros regimes de treinamento de alta intensidade, como o HIIT e treinamento resistido com descanso curto. Porém, tais alterações não foram capazes de ultrapassar as faixas de normalidade para todos os desfechos analisados, o que sugere que essa modalidade, nas condições estudadas, pode ser considerada adequada.

A comparação entre diferentes níveis de experiência mostrou que os experientes apresentaram maiores oscilações nos marcadores hematológicos e hormonal, estando relacionado à quantidade de trabalho realizada e não ao tempo de experiência na modalidade, porém, mais uma vez, todos os resultados, apesar de alterados entre o repouso e o pós-exercício, encontravam-se dentro dos padrões de normalidade. Desta forma, esse protocolo parece ser adequado tanto para novatos quanto para experientes.

Os resultados semelhantes encontrados entre homens e mulheres, nas condições estudadas (fase folicular do ciclo menstrual), sugerem que ambos os sexos possam praticar essa modalidade, fato este que não confirmou a hipótese deste trabalho, uma vez que acreditávamos que mulheres apresentariam oscilações superiores às observadas nos homens.

Outra importante observação a ser ressaltada é que as oscilações nos marcadores bioquímicos encontradas dentro dos limites saudáveis estão relacionadas ao efeito agudo de uma sessão e não ao efeito cumulativo. Sendo assim, é importante notar que os praticantes de HIFT geralmente treinam em dias consecutivos, com poucos ou nenhum dia de descanso. Nesse sentido, atenção especial deve ser dada à organização e estruturação da programação semanal de treinamentos, combinando dias de treinamento mais intensos com dias mais leves.

Vale também destacar que no momento em que essa modalidade esportiva apresenta franca expansão em nível mundial, torna-se fundamental que novos estudos científicos avaliem os possíveis riscos à saúde de outros protocolos de HIFT, fornecendo informações relevantes aos praticantes e também para aqueles interessados em se engajar nos programas de treinamento.

10 LIMITAÇÕES

Algumas limitações devem ser destacadas na presente investigação: indivíduos experientes com baixo $VO_{2\text{máx}}$ quando comparados aos praticantes utilizados em outros estudos; baixa adesão ao registro alimentar; ausência de controle de velocidade, duração e intervalo de descanso entre cada *round*; e a ausência de medidas de marcadores de inflamação e proliferação de linfócitos que nos permitiriam realizar inferências adicionais sobre a resposta imune.

REFERÊNCIAS

- AMMAR, A.; TRABELSI, K.; BOUKHRIS, O.; GLENN, J. M.; BOTT, N.; MASMOUDI, L.; HAKIM, A.; CHTOUROU, H.; DRISS, T.; HOEKELMANN, A.; ABED, K. EL. Effects of Aerobic-, Anaerobic- and Combined-Based Exercises on Plasma Oxidative Stress Biomarkers in Healthy Untrained Young Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 7, 2020.
- ANDERSON, T.; WIDEMAN, L. Exercise and the Cortisol Awakening Response: A Systematic Review. **Sports Medicine - Open**, v. 3, n. 1, p. 37, 10 dez. 2017.
- ASTUR, D. C.; ZANATTA, F.; ARLIANI, G. G.; MORAES, E. R.; POCHINI, A. DE C.; EJNISMAN, B. Stress fractures: definition, diagnosis and treatment. **Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)**, v. 51, n. 1, p. 3–10, jan. 2016.
- BANGSBO, J.; IAIA, F. M.; KRUSTRUP, P. The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 38, n. 1, p. 37–51, 2008.
- BANGSBO, J.; MOHR, M.; POULSEN, A.; PEREZ-GOMEZ, J.; KRUSTRUP, P. Training and testing the elite athlete. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 4, n. 1, p. 1–14, 2006.
- BELLAR, D.; HATCHETT, A.; JUDGE, L.; BREAUX, M.; MARCUS, L. The relationship of aerobic capacity, anaerobic peak power and experience to performance in HIT exercise. **Biology of Sport**, v. 32, n. 4, p. 315–320, 4 ago. 2015.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. **Analytical biochemistry**, v. 239, n. 1, p. 70–6, jul. 1996.
- BESSA, A. L.; OLIVEIRA, V. N.; AGOSTINI, G. G.; OLIVEIRA, R. J. S.; OLIVEIRA, A. C. S.; WHITE, G. E.; WELLS, G. D.; TEIXEIRA, D. N. S.; ESPINDOLA, F. S. Exercise Intensity and Recovery: Biomarkers of Injury, Inflammation, and Oxidative Stress. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 30, n. 2, p. 311–9, fev. 2016.
- BISHOP, A.; DEBELISO, M.; SEVENE, T. G.; ADAMS, K. J. Comparing One Repetition Maximum and Three Repetition Maximum Between Conventional and Eccentrically Loaded Deadlifts. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 7, p. 1820–1825, jul. 2014.
- BLUM, J.; FRIDOVICH, I. Inactivation of glutathione peroxidase by superoxide radical. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v. 240, n. 2, p. 500–508, ago. 1985.
- BRANCACCIO, P.; MAFFULLI, N.; LIMONGELLI, F. M. Creatine kinase monitoring in sport medicine. **British Medical Bulletin**, v. 81–82, n. 1, p. 209–230, 6 fev. 2007.

BRINES, R.; HOFFMAN-GOETZ, L.; PEDERSEN, B. K. Can you exercise to make your immune system fitter? **Immunology Today**, v. 17, n. 6, p. 252–254, 1996.

BROOKS, G. A. The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. **Cell Metabolism**, v. 27, n. 4, p. 757–785, abr. 2018.

BUTCHER, S. J.; NEYEDLY, T. J.; HORVEY, K. J.; BENKO, C. R. Do physiological measures predict selected CrossFit(®) benchmark performance? **Open Access Journal of Sports Medicine**, v. 6, p. 241–7, 2015.

BUTCHER, S.; JUDD, T.; BENKO, C.; HORVEY, K.; PSZYK, A. Relative Intensity Of Two Types Of Crossfit Exercise: Acute Circuit And High-Intensity Interval Exercise. **Journal of Fitness Research**, 2015.

BUTTERFIELD, T. A.; BEST, T. M.; MERRICK, M. A. The dual roles of neutrophils and macrophages in inflammation: a critical balance between tissue damage and repair. **Journal of Athletic Training**, v. 41, n. 4, p. 457–65, 2006.

CADEGIANI, F. A.; KATER, C. E.; GAZOLA, M. Clinical and biochemical characteristics of high-intensity functional training (HIFT) and overtraining syndrome: findings from the EROS study (The EROS-HIFT). **Journal of Sports Sciences**, v. 37, n. 11, p. 1296–1307, 3 jun. 2019.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Adult participation in aerobic and muscle-strengthening physical activities--United States, 2011. **Morbidity and mortality weekly report**, v. 62, n. 17, p. 326–30, 3 maio 2013.

CERQUEIRA, É.; MARINHO, D. A.; NEIVA, H. P.; LOURENÇO, O. Inflammatory Effects of High and Moderate Intensity Exercise—A Systematic Review. **Frontiers in Physiology**, v. 10, 9 jan. 2020.

CHAPMAN, D.; NEWTON, M.; SACCO, P.; NOSAKA, K. Greater muscle damage induced by fast versus slow velocity eccentric exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 27, n. 8, p. 591–8, ago. 2006.

CLARKSON, P. M.; HUBAL, M. J. Exercise-induced muscle damage in humans. **American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 81, n. 11 Suppl, p. S52–69, nov. 2002.

CLAUDINO, J. G. *et al.* CrossFit Overview: Systematic Review and Meta-analysis. **Sports Medicine - Open**, v. 4, n. 1, p. 11, 2018.

COLBEY, C.; COX, A. J.; PYNE, D. B.; ZHANG, P.; CRIPPS, A. W.; WEST, N. P. Upper Respiratory Symptoms, Gut Health and Mucosal Immunity in Athletes. **Sports Medicine**, v. 48, n. s1, p. 65–77, 2018.

CORRE, F.; LELLOUCH, J.; SCHWARZ, D. Smoking and leucocyte-counts. Results of an epidemiological survey. **Lancet**, v. 18, n. 2, p. 632–634, 1971.

- CRAFT, B. B.; CARROLL, H. A.; LUSTYK, M. K. B. Gender Differences in Exercise Habits and Quality of Life Reports: Assessing the Moderating Effects of Reasons for Exercise. **International Journal of Liberal Arts and Social Science**, v. 2, n. 5, p. 65–76, jun. 2014.
- CRISWELL, D.; POWERS, S.; DODD, S.; LAWLER, J.; EDWARDS, W.; RENSHLER, K.; GRINTON, S. High intensity training-induced changes in skeletal muscle antioxidant enzyme activity. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 25, n. 10, p. 1135–40, out. 1993.
- CRUVINEL, W. DE M.; MESQUITA JÚNIOR, D.; ARAÚJO, J. A. P.; CATELAN, T. T. T.; SOUZA, A. W. S. DE; SILVA, N. P. DA; ANDRADE, L. E. C. Sistema Imunitário – Parte I Fundamentos da imunidade inata com ênfase nos mecanismos moleculares e celulares da resposta inflamatória. **Revista Brasileira Reumatologia**, v. 50, n. 4, p. 434–61, 2010.
- CUTOLO, M.; SERIOLO, B.; VILLAGGIO, B.; PIZZORNI, C.; CRAVIOTTO, C.; SULLI, A. Androgens and estrogens modulate the immune and inflammatory responses in rheumatoid arthritis. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 966, p. 131–42, jun. 2002.
- DIAS, R. M. R.; AVELAR, A.; MENÊSES, A. L.; SALVADOR, E. P.; SILVA, D. R. P. DA; CYRINO, E. S. Segurança, reprodutibilidade, fatores intervenientes e aplicabilidade de testes de 1-RM. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 19, n. 1, p. 231–242, mar. 2013.
- DRUM, S. N.; BELLOVARY, B. N.; JENSEN, R. L.; MOORE, M. T.; DONATH, L. Perceived demands and postexercise physical dysfunction in CrossFit® compared to an ACSM based training session. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 57, n. 5, p. 604–609, maio 2017.
- DUCLOS, M.; TABARIN, A. Exercise and the Hypothalamo-Pituitary-Adrenal Axis. **Frontiers of Hormone Research**, v. 47, p. 12–26, 2016.
- ENGLAND, J. M.; BAIN, B. J. Total and differential leukocyte count. **British Journal of Haematology**, v. 33, n. 1, p. 1–7, maio 1976.
- ENOKA, R. M. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. **Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 81, n. 6, p. 2339–46, dez. 1996.
- ESBJÖRNSSON-LILJEDAHL, M.; BODIN, K.; JANSSON, E. Smaller muscle ATP reduction in women than in men by repeated bouts of sprint exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 93, n. 3, p. 1075–1083, 1 set. 2002.
- ESBJÖRNSSON, M.; RUNDQVIST, H. C.; MASCHER, H.; ÖSTERLUND, T.; ROOYACKERS, O.; BLOMSTRAND, E.; JANSSON, E. Sprint exercise enhances skeletal muscle p70S6k phosphorylation and more so in women than in men. **Acta**

Physiologica, v. 205, n. 3, p. 411–422, jul. 2012.

FALK NETO, J. H.; TIBANA, R. A.; SOUSA, N. M. F. DE; PRESTES, J.; VOLTARELLI, F. A.; KENNEDY, M. D. Session Rating of Perceived Exertion Is a Superior Method to Monitor Internal Training Loads of Functional Fitness Training Sessions Performed at Different Intensities When Compared to Training Impulse. **Frontiers in Physiology**, v. 11, 12 ago. 2020.

FALK NETO, J.; KENNEDY, M. The Multimodal Nature of High-Intensity Functional Training: Potential Applications to Improve Sport Performance. **Sports**, v. 7, n. 2, p. 33, 29 jan. 2019.

FEITO, Y.; BURROWS, E. K.; TABB, L. P. A 4-Year Analysis of the Incidence of Injuries Among CrossFit-Trained Participants. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 6, n. 10, p. 232596711880310, 24 out. 2018.

FEITO, Y.; HEINRICH, K.; BUTCHER, S.; POSTON, W. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 76, 7 ago. 2018.

FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J.; SABIDO-SOLANA, R.; MOYA, D.; SARABIA, J. M.; MOYA, M. Acute physiological responses during crossfit® workouts. **European Journal of Human Movement**, v. 35, p. 114–124, 2015.

FERNANDEZ-GONZALO, R.; LUNDBERG, T. R.; ALVAREZ-ALVAREZ, L.; PAZ, J. A. DE. Muscle damage responses and adaptations to eccentric-overload resistance exercise in men and women. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 5, p. 1075–84, maio 2014.

FERREIRA, L. P.; MOREIRA, O. C.; CALDAS, L. R. DOS R.; REZENDE, L. M. T.; HUGHES, K.; SOUZA, E.; CARNEIRO-JÚNIOR, M. A. Cardiovascular responses of beginner and advanced practitioners to different volume and intensity resistance exercise protocols. **European Journal of Human Movement**, v. 44, p. 80–94, 2020.

FISHER, J.; SALES, A.; CARLSON, L.; STEELE, J. A comparison of the motivational factors between CrossFit participants and other resistance exercise modalities: a pilot study. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, 2017.

FLECK, S. J.; KRAEMER, W. J.; DESCHENES, M. R. **Fisiologia do Exercício: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

FORGET, P.; KHALIFA, C.; DEFOUR, J.-P.; LATINNE, D.; PEL, M.-C. VAN; KOCK, M. DE. What is the normal value of the neutrophil-to-lymphocyte ratio? **BMC Research Notes**, v. 10, n. 1, p. 12, 3 dez. 2017.

FOSTER, C.; FLORHAUG, J. A.; FRANKLIN, J.; GOTTSCHALL, L.; HROVATIN, L. A.; PARKER, S.; DOLESHAL, P.; DODGE, C. A New Approach to Monitoring Exercise Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109, 2001.

FRIEDMAN, R. A.; NAVALTA, J. W.; FEDOR, E. A.; KELL, H. B.; LYONS, T. S.; ARNETT, S. W.; SCHAFER, M. A. Repeated high-intensity Wingate cycle bouts influence markers of lymphocyte migration but not apoptosis. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 37, n. 2, p. 241–6, abr. 2012.

FUNES, L.; CARRERA-QUINTANAR, L.; CERDÁN-CALERO, M.; FERRER, M. D.; DROBNIC, F.; PONS, A.; ROCHE, E.; MICOL, V. Effect of lemon verbena supplementation on muscular damage markers, proinflammatory cytokines release and neutrophils' oxidative stress in chronic exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 4, p. 695–705, abr. 2011.

GARBER, C. E.; BLISSMER, B.; DESCHENES, M. R.; FRANKLIN, B. A.; LAMONTE, M. J.; LEE, I.-M.; NIEMAN, D. C.; SWAIN, D. P. Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, jul. 2011.

GARDINER, B.; DEVEREUX, G.; BEATO, M. Injury risk and injury incidence rates in CrossFit. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, v. 60, n. 7, jun. 2020.

GEAN, R. P.; MARTIN, R. D.; CASSAT, M.; MEARS, S. C. A Systematic Review and Meta-analysis of Injury in Crossfit. **Journal of Surgical Orthopaedic Advances**, v. 29, n. 1, p. 26–30, 2020.

GILLUM, T. L.; KUENNEN, M. R.; SCHNEIDER, S.; MOSELEY, P. A review of sex differences in immune function after aerobic exercise. **Exercise Immunology Review**, v. 17, p. 104–21, 2011.

GLASSMAN, G. What is fitness. **CrossFit J.**, v. 3, p. 1–11, 2002.

_____. Understanding CrossFit. **CrossFit J.**, v. 56, p. 1–2, 2007.

GLASSMAN, G. Level 1 training guide. **The CrossFit Journal**, n. 3, p. 1–258, 2016.

GLEESON, M.; BISHOP, N.; WALSH, N. **Exercise Immunology**. London and New York: [s.n.].

GROUSSARD, C.; RANNOU-BEKONO, F.; MACHEFER, G.; CHEVANNE, M.; VINCENT, S.; SERGENT, O.; CILLARD, J.; GRATAS-DELAMARCHE, A. Changes in blood lipid peroxidation markers and antioxidants after a single sprint anaerobic exercise. **European Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 14–20, mar. 2003.

HALLIWELL, B. Free Radicals and Antioxidants: A Personal View. **Nutrition Reviews**, v. 52, n. 8, p. 253–265, 1994.

HEAVENS, K. R.; SZIVAK, T. K.; HOOPER, D. R.; DUNN-LEWIS, C.; COMSTOCK, B. A.; FLANAGAN, S. D.; LOONEY, D. P.; KUPCHAK, B. R.; MARESH, C. M.; VOLEK, J.

S.; KRAEMER, W. J. The effects of high intensity short rest resistance exercise on muscle damage markers in men and women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 4, p. 1041–9, abr. 2014.

HEINRICH, K. M.; BECKER, C.; CARLISLE, T.; GILMORE, K.; HAUSER, J.; FRYE, J.; HARMS, C. A. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: a pilot study. **European journal of cancer care**, v. 24, n. 6, p. 812–7, nov. 2015.

HENNIGAR, S. R.; MCCLUNG, J. P.; PASIAKOS, S. M. Nutritional interventions and the IL-6 response to exercise. **FASEB journal : official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology**, v. 31, n. 9, p. 3719–3728, 2017.

HILL, E. E.; ZACK, E.; BATTAGLINI, C.; VIRU, M.; VIRU, A.; HACKNEY, A. C. Exercise and circulating Cortisol levels: The intensity threshold effect. **Journal of Endocrinological Investigation**, v. 31, n. 7, p. 587–591, 22 jul. 2008.

HYLDAHL, R. D.; CHEN, T. C.; NOSAKA, K. Mechanisms and Mediators of the Skeletal Muscle Repeated Bout Effect. **Exercise and sport sciences reviews**, v. 45, n. 1, p. 24–33, 2017.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 03, p. 497, 1978.

JAKUBCZYK, K.; DEC, K.; KAŁDUŃSKA, J.; KAWCZUGA, D.; KOCHMAN, J.; JANDA, K. Reactive oxygen species - sources, functions, oxidative damage. **Polski merkuriusz lekarski : organ Polskiego Towarzystwa Lekarskiego**, v. 48, n. 284, p. 124–127, 22 abr. 2020.

KERKSICK, C. M. *et al.* ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 15, n. 1, p. 38, 1 dez. 2018.

KLEMT, C.; SIMEONE, F. J.; MELNIC, C. M.; TIRUMALA, V.; XIONG, L.; KWON, Y.-M. MARS MRI assessment of fatty degeneration of the gluteal muscles in patients with THA: reliability and accuracy of commonly used classification systems. **Skeletal Radiology**, 15 set. 2020.

KLISZCZEWICZ, B. *et al.* Acute Exercise and Oxidative Stress: CrossFit(™) vs. Treadmill Bout. **Journal of Human Kinetics**, v. 47, n. 1, p. 81–90, 29 set. 2015.

KLISZCZEWICZ, B.; SNARR, R.; ESCO, M. Metabolic and Cardiovascular Response To the Crossfit Workout “Cindy”: a Pilot Study. **J Sport Human Perf**, v. 2, n. 2, p. 1–9, 2014.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. **Sports Medicine**, v. 35, n. 4, p. 339–361, 2005.

KRAEMER, W. J.; RATAMESS, N. A.; HYMER, W. C.; NINDL, B. C.; FRAGALA, M. S. Growth Hormone(s), Testosterone, Insulin-Like Growth Factors, and Cortisol: Roles and Integration for Cellular Development and Growth With Exercise. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, 25 fev. 2020.

ŁAGOWSKA, K.; BAJERSKA, J. Effects of probiotic supplementation on respiratory infection and immune function in athletes: systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Athletic Training**, 22 jan. 2021.

LEANDRO, C.; NASCIMENTO, E. DO; MANHÃES-DE-CASTRO, R.; DUARTE, J. A.; CASTRO, C. M. M. B. DE. Exercício físico e sistema imunológico: mecanismos e integrações. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v. 2002, n. 5, p. 80–90, 2002.

LEEDER J, D. C.; SOMEREN, K. A. VAN; GAZE, D.; JEWELL, A.; DESHMUKH, N. I. K.; SHAH, I.; BARKER, J.; HOWATSON, G. Recovery and adaptation from repeated intermittent-sprint exercise. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 9, n. 3, p. 489–96, maio 2014.

MACKEY, A. L.; KJAER, M. The breaking and making of healthy adult human skeletal muscle in vivo. **Skeletal muscle**, v. 7, n. 1, p. 24, 2017.

MAGHERINI, F.; FIASCHI, T.; MARZOCCHINI, R.; MANNELLI, M.; GAMBERI, T.; MODESTI, P. A.; MODESTI, A. Oxidative stress in exercise training: the involvement of inflammation and peripheral signals. **Free Radical Research**, v. 53, n. 11–12, p. 1155–1165, 2 dez. 2019.

MANGINE, G.; DUSSELDORP, T. VAN; FEITO, Y.; HOLMES, A.; SERAFINI, P.; BOX, A.; GONZALEZ, A. Testosterone and Cortisol Responses to Five High-Intensity Functional Training Competition Workouts in Recreationally Active Adults. **Sports**, v. 6, n. 3, p. 62, 14 jul. 2018.

MANGINE, G. T.; STRATTON, M. T.; ALMEDA, C. G.; ROBERTS, M. D.; ESMAT, T. A.; VANDUSSELDORP, T. A.; FEITO, Y. Physiological differences between advanced CrossFit athletes, recreational CrossFit participants, and physically-active adults. **PloS one**, v. 15, n. 4, p. e0223548, 2020.

MARKUS, I.; CONSTANTINI, K.; HOFFMAN, J. R.; BARTOLOMEI, S.; GEPNER, Y. Exercise-induced muscle damage: mechanism, assessment and nutritional factors to accelerate recovery. **European Journal of Applied Physiology**, 8 jan. 2021.

MARTÍNEZ, A. C.; ALVAREZ-MON, M. O sistema imunológico (I): conceitos gerais, adaptação ao exercício físico e implicações clínicas. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 5, n. 3, p. 120–125, jun. 1999.

MASTORAKOS, G.; PAVLATOU, M.; DIAMANTI-KANDARAKIS, E.; CHROUSOS, G. P. Exercise and the stress system. **Hormones (Athens, Greece)**, v. 4, n. 2, p. 73–89, 2005.

MATÉ-MUÑOZ, J. L. *et al.* Cardiometabolic and Muscular Fatigue Responses to Different CrossFit® Workouts. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 17, n. 4, p. 668–679, dez. 2018.

MATÉ-MUÑOZ, J. L.; LOUGEDO, J. H.; BARBA, M.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, P.; GARNACHO-CASTAÑO, M. V.; DOMÍNGUEZ, R. Muscular fatigue in response to different modalities of CrossFit sessions. **Plos One**, v. 12, n. 7, p. e0181855, 2017.

MCARDLE, D.; KATCH, I.; KATCH, L. **Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

MCCORD, J. M.; FRIDOVICH, I. Superoxide dismutase. An enzymic function for erythrocyte hemocuprein (hemocuprein). **The Journal of biological chemistry**, v. 244, n. 22, p. 6049–55, 25 nov. 1969.

MESQUITA JÚNIOR, D.; ARAÚJO, J. A. P.; CATELAN, T. T. T.; SOUZA, A. W. S. DE; CRUVINEL, W. DE M.; ANDRADE, L. E. C.; SILVA, N. P. DA. Sistema Imunitário – Parte II Fundamentos da resposta imunológica mediada por linfócitos T e B. **Revista Brasileira Reumatologia**, v. 50, n. 5, p. 552–580, 2010.

METTLER, L.; SHIRWANI, D. Direct Basophil Count for Timing Ovulation. **Fertility and Sterility**, v. 25, n. 8, p. 718–723, ago. 1974.

MEYER, J.; MORRISON, J.; ZUNIGA, J. The Benefits and Risks of CrossFit: A Systematic Review. **Workplace Health & Safety**, v. 65, n. 12, p. 612–618, 31 dez. 2017.

MINUZZI, L. G.; CARVALHO, H. M.; BRUNELLI, D. T.; ROSADO, F.; CAVAGLIERI, C. R.; GONÇALVES, C. E.; GASPAR, J. M.; RAMA, L. M.; TEIXEIRA, A. M. Acute Hematological and Inflammatory Responses to High-intensity Exercise Tests: Impact of Duration and Mode of Exercise. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 7, p. 551–559, jul. 2017.

MORANO, A. E. V. A.; DORNELES, G. P.; PERES, A.; LIRA, F. S. The role of glucose homeostasis on immune function in response to exercise: The impact of low or higher energetic conditions. **Journal of Cellular Physiology**, v. 235, n. 4, p. 3169–3188, 29 abr. 2020.

MOREIRA, A.; DELGADO, L.; MOREIRA, P.; HAAHTELA, T. Does exercise increase the risk of upper respiratory tract infections? **British Medical Bulletin**, v. 90, n. 1, p. 111–131, 2009.

MORGADO, J.; CRISTINA, M.; JULIA, T.; JOANA, R.; CATARINA, M.; MARIA, S.; MARTA, A.; MAFALDA, B.; MARIA, L.; FRANCISCO, A. Immune cell change in response to a swimming training session during a 24 h recovery period. **Applied Physiology, Nutrition and Metabolism**, v. 41, n. 5, p. 476–483, 2016.

MORGADO, J. P.; MONTEIRO, C. P.; MATIAS, C. N.; ALVES, F.; PESSOA, P.; REIS,

J.; MARTINS, F.; SEIXAS, T.; LAIRES, M. J. Sex-based effects on immune changes induced by a maximal incremental exercise test in well-trained swimmers. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 13, n. 3, p. 708–14, set. 2014.

NAVALTA, J. W.; MOHAMED, R.; EL-BAZ, A.; MCFARLIN, B. K.; LYONS, T. S. Exercise-induced immune cell apoptosis: image-based model for morphological assessment. **European Journal of Applied Physiology**, v. 110, n. 2, p. 325–331, 20 set. 2010.

NAVALTA, J. W.; SEDLOCK, D. A.; PARK, K. S. Effect of exercise intensity on exercise-induced lymphocyte apoptosis. **International Journal of Sports Medicine**, 2007.

NAVALTA, J. W.; TIBANA, R. A.; FEDOR, E. A.; VIEIRA, A.; PRESTES, J. Three Consecutive Days of Interval Runs to Exhaustion Affects Lymphocyte Subset Apoptosis and Migration. **BioMed Research International**, v. 2014, p. 1–5, 2014.

NIEMAN, D. C.; NEHLSSEN-CANNARELLA, S. L.; MARKOFF, P. A.; BALK-LAMBERTON, A. J.; YANG, H.; CHRITTON, D. B. W.; LEE, J. W.; ARABATZIS, K. The Effects of Moderate Exercise Training on Natural Killer Cells and Acute Upper Respiratory Tract Infections. **International Journal of Sports Medicine**, v. 11, n. 06, p. 467–473, 14 dez. 1990.

NIEMAN, D. C.; WENTZ, L. M. The compelling link between physical activity and the body's defense system. **Journal of Sport and Health Science**, v. 8, n. 3, p. 201–217, maio 2019.

OHKAWA, H.; OHISHI, N.; YAGI, K. Assay for Lipid Peroxides in Animal Tissues Thiobarbituric Acid Reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 95, n. 2, p. 351–358, 1979.

OPITZ, D.; LENZEN, E.; OPIOLKA, A.; REDMANN, M.; HELLMICH, M.; BLOCH, W.; BRIXIUS, K.; BRINKMANN, C. Endurance training alters basal erythrocyte MCT-1 contents and affects the lactate distribution between plasma and red blood cells in T2DM men following maximal exercise. **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 93, n. 6, p. 413–419, jun. 2015.

OWENS, DANIEL J.; TWIST, C.; COBLEY, J. N.; HOWATSON, G.; CLOSE, G. L. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 1, p. 71–85, 2 jan. 2019.

OWENS, DANIEL J.; TWIST, C.; COBLEY, J. N.; HOWATSON, G.; CLOSE, G. L. Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 1, p. 71–85, fev. 2019.

PEAKE, J. M.; NEUBAUER, O.; GATTA, P. A. DELLA; NOSAKA, K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 3, p. 559–570, 1 mar. 2017.

PEAKE, J. M.; NEUBAUER, O.; WALSH, N. P.; SIMPSON, R. J. Recovery of the

immune system after exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 122, n. 5, p. 1077–1087, 1 maio 2017.

PEAKE, J.; WILSON, G.; HORDERN, M.; SUZUKI, K.; YAMAYA, K.; NOSAKA, K.; MACKINNON, L.; COOMBES, J. S. Changes in neutrophil surface receptor expression, degranulation, and respiratory burst activity after moderate- and high-intensity exercise. **Journal of Applied Physiology**, v. 97, n. 2, p. 612–618, ago. 2004.

PEDERSEN, B. K.; BRUUNSGAARD, H. How Physical Exercise Influences the Establishment of Infections. **Sports Medicine**, v. 19, n. 6, p. 393–400, jun. 1995.

PEDERSEN, B. K.; HOFFMAN-GOETZ, L. Exercise and the Immune System: Regulation, Integration, and Adaptation. **Physiological Reviews**, v. 80, n. 3, p. 1055–1081, 2000.

PENDERSEN, B. K.; TOFT, A. D. **Effects of exercise on lymphocytes and cytokines** **British Journal of Sports Medicine**, 2000.

PODEROSO, R.; CIRILO-SOUSA, M.; JÚNIOR, A.; NOVAES, J.; VIANNA, J.; DIAS, M.; LEITÃO, L.; REIS, V.; NETO, N.; VILAÇA-ALVES, J. Gender Differences in Chronic Hormonal and Immunological Responses to CrossFit®. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 14, 2019.

POSNAKIDIS, G.; APHAMIS, G.; GIANNAKI, C. D.; MOUGIOS, V.; ARISTOTELOUS, P.; SAMOUTIS, G.; BOGDANIS, G. C. High-Intensity Functional Training Improves Cardiorespiratory Fitness and Neuromuscular Performance Without Inflammation or Muscle Damage. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ah, 27 fev. 2020.

POWERS, S. K.; RADAK, Z.; JI, L. L. Exercise-induced oxidative stress: past, present and future. **The Journal of Physiology**, v. 594, n. 18, p. 5081–5092, 15 set. 2016.

QUINDRY, J. C.; STONE, W. L.; KING, J.; BROEDER, C. E. The effects of acute exercise on neutrophils and plasma oxidative stress. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 7, p. 1139–45, jul. 2003.

RADAK, Z.; ZHAO, Z.; KOLTAI, E.; OHNO, H.; ATALAY, M. Oxygen consumption and usage during physical exercise: the balance between oxidative stress and ROS-dependent adaptive signaling. **Antioxidants & redox signaling**, v. 18, n. 10, p. 1208–46, 1 abr. 2013.

RATAMESS, N. A. Progression Models in Resistance Training for Healthy Adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 3, p. 687–708, mar. 2009.

RHEA, M. R.; ALVAR, B. A.; BURKETT, L. N.; BALL, S. D. A Meta-analysis to Determine the Dose Response for Strength Development. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 3, p. 456–464, mar. 2003.

RISOY, B. A.; RAASTAD, T.; HALLÉN, J.; LAPPEGÅRD, K. T.; BAEVERFJORD, K.; KRAVDAL, A.; SIEBKE, E. M.; BENESTAD, H. B. Delayed leukocytosis after hard strength and endurance exercise: aspects of regulatory mechanisms. **BMC Physiology**, v. 3, p. 14, 11 dez. 2003.

ROBINSON, E.; DURRER, C.; SIMTCHOUK, S.; JUNG, M. E.; BOURNE, J. E.; VOTH, E.; LITTLE, J. P. Short-term high-intensity interval and moderate-intensity continuous training reduce leukocyte TLR4 in inactive adults at elevated risk of type 2 diabetes. **Journal of Applied Physiology**, v. 119, n. 5, p. 508–516, 2015.

RODRÍGUEZ, M. Á.; GARCÍA-CALLEJA, P.; TERRADOS, N.; CRESPO, I.; VALLE, M. DEL; OLMEDILLAS, H. Injury in CrossFit®: A Systematic Review of Epidemiology and Risk Factors. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 7, p. 1–8, 7 jan. 2021.

ROSA, L. F. P. B.; VAISBERG, M. W. Influências do exercício na resposta imune. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 8, n. 4, p. 167–172, 2002.

SARGENT, C.; SCROOP, G. C. Plasma lactate accumulation is reduced during incremental exercise in untrained women compared with untrained men. **European Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 1, p. 91–96, 21 ago. 2007.

SAVASKY, BENJAMIN M.; MASCOTTI, D. P.; PATEL, N.; RODRIGUEZ-COLLAZO, E. Nutritional and Pharmacological Effects on Oxidative Stress in Soft Tissue and Bone Remodeling. **Journal of nutrition and metabolism**, v. 2018, p. 4183407, 2018.

SAVASKY, BENJAMIN M.; MASCOTTI, D. P.; PATEL, N.; RODRIGUEZ-COLLAZO, E. Nutritional and Pharmacological Effects on Oxidative Stress in Soft Tissue and Bone Remodeling. **Journal of Nutrition and Metabolism**, v. 2018, p. 1–9, 27 dez. 2018.

SCHLEGEL, P. CrossFit® Training Strategies from the Perspective of Concurrent Training: A Systematic Review. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 19, n. 4, p. 670–680, dez. 2020.

SCHOENFELD, B. J.; ARAGON, A. A.; WILBORN, C. D.; KRIEGER, J. W.; SONMEZ, G. T. Body composition changes associated with fasted versus non-fasted aerobic exercise. **Journal of the International Society of Sports Nutrition**, v. 11, n. 1, p. 54, 18 dez. 2014.

SHAH, N. M.; LAI, P. F.; IMAMI, N.; JOHNSON, M. R. Progesterone-Related Immune Modulation of Pregnancy and Labor. **Frontiers in Endocrinology**, v. 10, p. 198, 2019.

SIES, H.; KOCH, O. R.; MARTINO, E.; BOVERIS, A. Increased biliary glutathione disulfide release in chronically ethanol-treated rats. **FEBS Letters**, 1979.

SIMPSON, R. J.; CAMPBELL, J. P.; GLEESON, M.; KRÜGER, K.; NIEMAN, D. C.; PYNE, D. B.; TURNER, J. E.; WALSH, N. P. Can exercise affect immune function to increase susceptibility to infection? **Exercise immunology review**, v. 26, p. 8–22, 2020.

SIMPSON, R. J.; FLORIDA-JAMES, G. D.; COSGROVE, C.; WHYTE, G. P.; MACRAE, S.; PIRCHER, H.; GUY, K. High-intensity exercise elicits the mobilization of senescent T lymphocytes into the peripheral blood compartment in human subjects. **Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)**, v. 103, n. 1, p. 396–401, jul. 2007.

SIMPSON, R. J.; KUNZ, H.; AGHA, N.; GRAFF, R. Exercise and the Regulation of Immune Functions. **Prog Mol Biol Transl Sci**, p. 355–380, 2015.

SLATTERY, K.; BENTLEY, D.; COUTTS, A. J. The role of oxidative, inflammatory and neuroendocrinological systems during exercise stress in athletes: implications of antioxidant supplementation on physiological adaptation during intensified physical training. **Sports Medicine**, v. 45, n. 4, p. 453–71, abr. 2015.

SOUGLIS, A.; BOGDANIS, G. C.; CHRYSANTHOPOULOS, C.; APOSTOLIDIS, N.; GELADAS, N. D. Time Course of Oxidative Stress, Inflammation, and Muscle Damage Markers for 5 Days After a Soccer Match: Effects of Sex and Playing Position. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 32, n. 7, p. 2045–2054, jul. 2018.

SZIVAK, T. K.; HOOPER, D. R.; DUNN-LEWIS, C.; COMSTOCK, B. A.; KUPCHAK, B. R.; APICELLA, J. M.; SAENZ, C.; MARESH, C. M.; DENEGAR, C. R.; KRAEMER, W. J. Adrenal Cortical Responses to High-Intensity, Short Rest, Resistance Exercise in Men and Women. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 3, p. 748–760, mar. 2013.

TEE, J. C.; BOSCH, A. N.; LAMBERT, M. I. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 37, n. 10, p. 827–36, 2007.

TERRA, R.; SILVA, S. A. G. DA; PINTO, V. S.; DUTRA, P. M. L. Efeito do exercício no sistema imune: resposta, adaptação e sinalização celular. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 18, n. 3, p. 208–214, jun. 2012.

THIRUPATHI, A.; PINHO, R. A. Effects of reactive oxygen species and interplay of antioxidants during physical exercise in skeletal muscles. **Journal of Physiology and Biochemistry**, v. 74, n. 3, p. 359–367, ago. 2018.

THOMPSON, W. R. WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2020. **ACSM's Health & Fitness Journal**, v. 23, n. 6, p. 10–18, 2019.

TIBANA, R. *et al.* Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. **Frontiers in Physiology**, v. 7, n. June, p. 1–8, 2016.

TIBANA, R.; PRESTES, J.; *et al.* Time-Course of Changes in Physiological, Psychological, and Performance Markers following a Functional-Fitness Competition. **International Journal of Exercise Science**, v. 12, n. 3, p. 904–918, 2019.

TIBANA, R.; SOUSA, N. Are extreme conditioning programmes effective and safe? A

narrative review of high-intensity functional training methods research paradigms and findings. **BMJ Open Sport & Exercise Medicine**, v. 4, n. 1, p. e000435, 2 nov. 2018.

TIBANA, R.; SOUSA, N. DE; PRESTES, J.; VOLTARELLI, F. Lactate, Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Responses to Shorter and Longer Duration CrossFit® Training Sessions. **Journal of Functional Morphology and Kinesiology**, v. 3, n. 4, p. 60, 28 nov. 2018.

TIBANA, R.; SOUSA, N.; PRESTES, J.; FEITO, Y.; FERREIRA, C.; VOLTARELLI, F. Monitoring Training Load, Well-Being, Heart Rate Variability, and Competitive Performance of a Functional-Fitness Female Athlete: A Case Study. **Sports**, v. 7, n. 2, p. 35, 9 fev. 2019.

TIBANA, R.; SOUSA, N.; PRESTES, J.; NASCIMENTO, D.; ERNESTO, C.; FALK NETO, J.; KENNEDY, M.; VOLTARELLI, F. Is Perceived Exertion a Useful Indicator of the Metabolic and Cardiovascular Responses to a Metabolic Conditioning Session of Functional Fitness? **Sports**, v. 7, n. 7, p. 161, 4 jul. 2019.

TIMÓN, R. *et al.* 48-hour recovery of biochemical parameters and physical performance after two modalities of CrossFit workouts. **Biology of sport**, v. 36, n. 3, p. 283–289, set. 2019.

TURNER, J. E.; BRUM, P. C. Does Regular Exercise Counter T Cell Immunosenescence Reducing the Risk of Developing Cancer and Promoting Successful Treatment of Malignancies? **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2017, 2017.

WEBB, R.; HUGHES, M.; THOMAS, A.; MORRIS, K. The Ability of Exercise-Associated Oxidative Stress to Trigger Redox-Sensitive Signalling Responses. **Antioxidants**, v. 6, n. 3, p. 63, 10 ago. 2017.

WEISENTHAL, B. M.; BECK, C. A.; MALONEY, M. D.; DEHAVEN, K. E.; GIORDANO, B. D. Injury Rate and Patterns Among CrossFit Athletes. **Orthopaedic Journal of Sports Medicine**, v. 2, n. 4, p. 2325967114531177, abr. 2014.

WILKE, J.; KAISER, S.; NIEDERER, D.; KALO, K.; ENGEROFF, T.; MORATH, C.; VOGT, L.; BANZER, W. Effects of high-intensity functional circuit training on motor function and sport motivation in healthy, inactive adults. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, v. 29, n. 1, p. 144–153, 23 jan. 2019.

WILKE, J.; MOHR, L. Chronic effects of high-intensity functional training on motor function: a systematic review with multilevel meta-analysis. **Scientific reports**, v. 10, n. 1, p. 21680, 2020.

WOLF, M. R. *et al.* Sex differences in creatine kinase after acute heavy resistance exercise on circulating granulocyte estradiol receptors. **European journal of applied physiology**, v. 112, n. 9, p. 3335–40, set. 2012.

YIN, H.; PRICE, F.; RUDNICKI, M. A. Satellite cells and the muscle stem cell niche. **Physiological reviews**, v. 93, n. 1, p. 23–67, jan. 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Termo de consentimento livre e esclarecido - TCLE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE

IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

Título do projeto:

EFEITOS DO PROGRAMA DE CONDICIONAMENTO EXTREMO E SUPLEMENTAÇÃO DE CRANBERRY NA IMUNOMODULAÇÃO: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO

COORDENADORES DA PESQUISA:

PROFA DRA ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA

PROF. ME. JOÃO HENRIQUE GOMES

TEL: 79 99127 4066 / 11 94737 1919

Email: profjhgomes@gmail.com

IDENTIFICAÇÃO DO SUJEITO DA PESQUISA (VOLUNTÁRIO)

Nome: _____
Data de nascimento: ___/___/_____ Nacionalidade: _____
Estado Civil: _____ CPF: _____ RG: _____
Telefone: (___) _____ - _____ e-mail: _____
Endereço: _____

Você está sendo convidado para participar do projeto de pesquisa: EFEITOS DO PROGRAMA DE CONDICIONAMENTO EXTREMO E SUPLEMENTAÇÃO DE CRANBERRY NA IMUNOMODULAÇÃO: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO. Todas as informações necessárias sobre a pesquisa encontram-se relacionadas abaixo e caso existam dúvidas, favor esclarecê-las antes da assinatura do presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE.

Para participar deste projeto, você terá que comparecer ao box de treinamento de segunda a sexta-feira, por 8 semanas consecutivas. Solicitamos que se programe em relação ao seu trabalho e possíveis viagens a fim de nos disponibilizar 8 semanas consecutivas na participação nesse estudo.

As avaliações e treinamento serão realizadas no box de treinamento da QUEST - CROSSFIT, a qual você está matriculado e frequentando regularmente. Para tanto, serão necessárias 36 visitas ao box (32 sessões de treinamento e 4 para avaliações físicas). As sessões de treino terão aproximadamente 1 hora de duração, exceto a primeira e última, nas quais solicitamos que você disponibilize 3 horas e 30min para cada uma dessas visitas.

As visitas 1 e 2 serão para familiarização com os principais exercícios do protocolo de treinamento. As visitas 3 e 4 serão para avaliações antropométricas e de desempenho físico. Na 5ª e 34ª visitas serão realizadas as coletas de sangue para análise de marcadores bioquímicos antes, imediatamente após e 3h após. Será ofertado alimentos padronizados durante as 3h de espera na coleta de sangue. Nas 6ª e 35ª visitas, serão coletados amostra sanguínea após 24h de treino.

Quanto as justificativas da realização desse projeto, sabe-se que sessões agudas de treinamento funcional de alta intensidade, como é o caso do CrossFit, podem causar impacto negativo sobre a resposta imune, quantificação de citocinas, o estresse oxidativo e o dano muscular, porém, acredita-se que a manutenção dos treinamentos por seis semanas, associada a dieta controlada, possa amenizar os impactos negativos citados acima, especialmente com a suplementação de extrato de cranberry. Portanto, os objetivos do presente estudo consistem em avaliar os efeitos de seis semanas de um programa de condicionamento extremo e suplementação de extrato de cranberry sobre o sistema imune, padrão de expressão de linfócitos, quantificação de citocinas, estresse oxidativo, dano muscular, parâmetros hormonais e metabólicos de praticantes de CrossFit.

1. Apresentação detalhada da metodologia:

* **Avaliação Antropométrica (Medidas corporais):**

Serão aferidas variáveis antropométricas, tais como peso, estatura, perímetros e dobras cutâneas:

- O peso será aferido com auxílio de balança, com o avaliado utilizando roupas leves, em local reservado;
- A estatura será medida com auxílio de estadiômetro, e o avaliado deverá estar descalço e sem adereços nos cabelos;
- As dobras cutâneas serão avaliadas com auxílio de adipômetro.

* **Testes de Desempenho Físico:**

Serão realizados os teste de potência (salto vertical), teste de força máxima de membros inferiores (agachamento livre com barra) e teste da capacidade aeróbia.

* **Treinamento de CrossFit:**

- O treinamento de CrossFit será prescrito conforme planejado pelos pesquisadores, relativizando os esforços de acordo com o nível de condicionamento físico de cada um, porém com treinamento idêntico para todos os participantes. Todos os treinamentos serão supervisionados pelos pesquisadores, bem como pelos treinadores (coachs) do box da Quest - CrossFit. Os dias de avaliação física e coletas de sangue terão acompanhamento de um cardiologista intervencionista (Dr. Vitor Vahle - CRM 3267).

* **Análises bioquímicas:**

Serão coletas amostras de sangue (7 mL) em oito momentos:

1. Antes da 1ª sessão de CrossFit da semana um, ainda em repouso.
2. Imediatamente após a 1ª sessão de CrossFit da semana um.
3. 3h após a 1ª sessão de CrossFit da semana um.
4. 24h após a 1ª sessão de CrossFit da semana um.
5. Antes da última sessão de CrossFit da semana seis, ainda em repouso.
6. Imediatamente após a da última sessão de CrossFit da semana seis.
7. 3h após a última sessão de CrossFit da semana seis.
8. 24h após a última sessão de CrossFit da semana seis.

*** Suplementações:**

- Os suplementos serão entregues logo após a 1ª sessão de CrossFit da semana um no próprio box de treinamento da Quest - CrossFit. A identificação dos suplementos será feita a partir de códigos desconhecidos pela equipe de pesquisadores e pelos voluntários, o que caracteriza um estudo duplo-cego.

2. Possíveis riscos:

Apesar de todos os instrumentos, testes e coletas de sangue fazerem parte da rotina de avaliação e treinamento de praticantes de CrossFit, informa-se que você poderá sentir algum desconforto devido:

- Ao procedimento de coletas de sangue, as quais serão realizadas por profissional qualificado com treinamento específico na área de manipulação de material biológico. As coletas realizar-se-ão com materiais descartáveis manipulados na presença da participante. Trata-se de um método invasivo que pode causar desconforto mínimo. Os possíveis desconfortos seriam mal-estar e síncope (tontura) no momento da coleta, além de hematoma ou mínimo de dor local após a coleta, que serão minimizados devido a escolha de técnico devidamente treinado, em consonância com todas as normas da Agência Nacional de Vigilância Sanitária;
- A coleta de variáveis antropométricas, a qual poderá causar leve desconforto, por conta da leve pressão gerada na pele, em virtude do contato entre a pinça (adipômetro) e a pele do avaliado, como se fosse um pequeno “beliscão”;
- A realização de esforço físico intenso, os quais poderão provocar: câimbra, aumento da tonificação transitória dos músculos, sede e sudorese intensa.

Para amenizar tais desconfortos, os profissionais responsáveis pela realização de cada etapa são altamente treinados e habilitados para exercerem suas funções. Durante avaliação física e coletas de sangue, haverá médico cardiologista intervencionista de plantão (Dr. Vitor Vahle - CRM 3267).

Em caso de atendimento de urgência, elege-se o Hospital de Urgência de Sergipe. Av. Tancredo Neves, 6446 - CEP 49095-000, Aracaju, Brazil. Telefone (79) 3216-2600.

3. Benefícios ao participante:

Durante a realização do estudo:

- Cada participante saberá sobre o comportamento de sua frequência cardíaca durante as sessões de treino;
- Cada participante receberá suplementação gratuita e segura.

Após a realização do estudo, cada participante receberá laudo individual, no que se refere a:

- Avaliação antropométrica;
- Avaliação de desempenho físico;
- Avaliação bioquímica – laboratorial.
- Oportunidade de conhecer como seu sistema imune funciona frente ao esforço físico intenso.

4. Liberdade do participante:

É garantida ao participante a liberdade de se recusar a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma.

5. Sigilo

Os resultados obtidos durante este estudo serão mantidos em sigilo, mas o participante concorda que sejam divulgados em publicações científicas.

6. DECLARAÇÃO DO PARTICIPANTE:

Declaro que fui informado dos objetivos e métodos referentes ao estudo “**EFEITOS DO PROGRAMA DE CONDICIONAMENTO EXTREMO E SUPLEMENTAÇÃO DE CRANBERRY NA IMUNOMODULAÇÃO: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO**”, de maneira clara e detalhada, e esclareci as minhas dúvidas. Estou informado de que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar, se assim o desejar.

Declaro que concordo em participar desse estudo, que recebi uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, e em caso de dúvidas não esclarecidas de maneira adequada pelo pesquisador responsável, de discordância com procedimentos ou irregularidade de natureza ética, posso buscar auxílio junto ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Sergipe, no seguinte endereço e contatos:

Universidade Federal de Sergipe
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – PPGCS
Rua Cláudio Batista s/n, Centro de Pesquisas Biomédicas,
Hospital Universitário
Bairro Cidade Nova
Aracaju – SE
CEP: 49060 - 108

Aracaju, _____ de _____ de 2019

Pesquisador Responsável pelo Projeto

Sujeito da pesquisa e/ou responsável

APÊNDICE 2 - Documento de Aprovação do Comitê de Ética em pesquisa



Continuação do Parecer: 3.087.955

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1275176.pdf	14/12/2018 17:44:35		Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto002.pdf	14/12/2018 17:43:45	ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA	Aceito
Outros	anuencia009.pdf	13/12/2018 09:00:46	ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA	Aceito
Orçamento	OrcamentoCF.docx	13/12/2018 08:57:07	ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.docx	12/12/2018 22:30:14	ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_doutorado.docx	12/12/2018 22:29:57	ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ARACAJU, 17 de Dezembro de 2018

Assinado por:
Anita Hermínia Oliveira Souza
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Cláudio Batista s/nº
Bairro: Sanatório CEP: 49.060-110
UF: SE Município: ARACAJU
Telefone: (79)3194-7208 E-mail: cephu@ufs.br

APÊNDICE 3 - Documento do Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos

20/02/2019

Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos



Ensaios Clínicos

USUÁRIO	<u>SUBMISSÕES</u>	<u>PENÚTIAS</u>	Perfil	SAIR	
joaohenrique	003	000	Panel		

[PT](#) | [ES](#) | [EN](#)

[NOTÍCIAS](#) | [SOBRE](#) | [AJUDA](#) | [CONTATO](#)

Buscar ensaios
[BUSCA AVANÇADA](#)
[HOME](#) / [SUBMISSÕES](#) / [SUMÁRIO](#) / TRIAL: (REQ:7410) EFEITOS DO TREINAMENTO DE CROSSFIT E A SUPLEMENTAÇÃO DE CRANBERRY NO SISTEMA IMUNE

Observações

1. Condições de saúde: No campo: Condições de saúde ou problemas, devem ser indicados as condições de saúde ou problemas estudados. Por exemplo: diabetes mellitus, alopecia, obesidade, etc. Se o estudo é conduzido em humanos saudáveis pertencentes à população-alvo, voluntários da intervenção (isso é, prevenção ou intervenções de triagem), informe as condições de saúde particulares ou os problemas que estão sendo prevenidos ou rastreados. Lembre-se que somente os descritores selecionados no campo "Descritores específicos para as condições de saúde", devem ser adicionados neste campo. Além disso, os descritores específicos selecionados devem estar separados por ponto e vírgula (;) ou ponto (,). Não colocar ponto no final.
 Situação: Revisado (aguardando aprovação)

2. Condições de saúde: Há dois tipos de vocabulários controlados, o DeCS: Descritores em Ciências da Saúde ou CID10: Classificação Internacional de Doenças. O pesquisador poderá optar pelo vocabulário que for mais conveniente. Para o campo "Descritores Gerais das Condições de Saúde", devem ser escolhidos os mais adequados. Os demais campos serão preenchidos automaticamente e não são editáveis. Verificar se os descritores estão de acordo com as informações fornecidas a respeito do estudo. Por exemplo: no caso de uma investigação sobre Amigdalite aguda, use o descritor da CID-10: Capítulo X Doenças do aparelho respiratório e, no DeCS use: C08 Doenças Respiratórias.
 Situação: Revisado (aguardando aprovação)

3. Condições de saúde: Para o campo "Descritores Específicos das Condições de Saúde" devem ser escolhidos, dentre os descritores DeCS: Descritores em Ciências da Saúde ou CID-10: Classificação Internacional de Doenças, os mais adequados e específicos, a conveniência do pesquisador. Os demais campos serão preenchidos automaticamente e não são editáveis. Verifique se os descritores estão de acordo com as informações fornecidas a respeito do estudo. Por exemplo: no caso de uma investigação sobre Amigdalite aguda, use o descritor da CID-10: J03 Amigdalite aguda, e, no DeCS use: C07.550.781.750 Tonsilite.
 Situação: Revisado (aguardando aprovação)

4. Condições de saúde: O campo "Descritores para as intervenções" não pode conter o mesmo preenchimento que o campo "Descritores específicos para as condições de saúde". Os descritores específicos devem ser descritores que informam a condição do participante para entrar no estudo. Por exemplo, em um estudo de diabetes mellitus tipo 2 cuja intervenção vai ser uma suplementação dietética, o descritor específico será: "C18.452.394.750.149 - Diabetes Mellitus Tipo 2" e o descritor da intervenção: "SP6.051.227 - Suplementação Alimentar".
 Situação: Revisado (aguardando aprovação)

5. Condições de saúde: Todos os itens apresentados no campo Descritores específicos para as condições de saúde são pré-requisitos característicos para que o estudo aconteça. Avalie se os itens descritores são características primárias que inluam os participantes nesta pesquisa.
 Situação: Revisado (aguardando aprovação)

6. Intervenções: Inserir descritores para o treinamento físico
 Situação: Fechado

7. Recrutamento: Tanto em critérios de inclusão como de exclusão, não podem ser usados marcadores de texto (letras, hifens, números, 'bolinhas', 'setinhas' etc.), e nem abertos parágrafos ("dar enter"). Devem ser informados apenas os parâmetros que os voluntários precisam atender para serem elegíveis para o estudo. Os critérios devem ser separados apenas por ponto (,) ou ponto e vírgula (;).
 Situação: Fechado

8. Recrutamento: Alterar o status da "Situação do estudo" para que seja condizente com o período atual de revisão.
 Situação: Revisado (aguardando aprovação)

9. Desfechos: Tanto em Desfechos primários como em Desfechos secundários, use o seguinte formato de construção de texto: Apresentação do desfecho esperado (Ex.: Avaliar...; Espera-se encontrar...), apresentação do método usado para verificar o desfecho esperado (Ex.: Verificado pelo método... Utilizando o método..., Por meio do método...) e apresentação dos parâmetros (números, percentuais, índices etc.) utilizados para verificar se o desfecho realmente ocorreu (Ex.: Foi observado ou iremos observar...). Ex.: Aumento do número de recidivas no período de um ano, verificado por meio do método X, a partir da constatação de uma variação de pelo menos 5% nas medições pré e pós-intervenção
 Situação: Fechado

APÊNDICE 4 - Termo de anuência

Quest - Be Stronger CrossFit

TERMO DE ANUÊNCIA

Eu, André Luiz Moraes da Almeida diretor/responsável/coordenador do (a) QUEST - CrossFit, venho por meio desta informar a V. Sa. que autorizo os pesquisadores, **JOÃO HENRIQUE GOMES e PROF. DRA ANA MARA DE OLIVEIRA E SILVA** do programa de pós-graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Sergipe (UFS)/Campus Hospital Universitário a realizar/desenvolver a pesquisa intitulada **“EFEITOS DO PROGRAMA DE CONDICIONAMENTO EXTREMO E SUPLEMENTAÇÃO DE CRANBERRY NA IMUNOMODULAÇÃO: ENSAIO CLÍNICO RANDOMIZADO”** sob orientação da professor **Dr. Lucindo José Quintans Júnior**.

Declaro conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução CNS 466/2012. Esta instituição está ciente de suas co-responsabilidades como instituição co-participante do presente projeto de pesquisa, e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para garantia de tal segurança e bem-estar.

Aracaju, 12 de Dezembro de 2018.

André Luiz Moraes da Almeida

Assinatura do responsável institucional.

ANEXOS

ANEXO 1 - DOI do artigo publicado

PLOS ONE

advanced search

OPEN ACCESS PEER-REVIEWED

RESEARCH ARTICLE

Acute leucocyte, muscle damage, and stress marker responses to high-intensity functional training

João Henrique Gomes, Renata Rebello Mendes, Crystianne Santana Franca, Marzo Edir Da Silva-Grigoletto, Danilo Rodrigues Pereira da Silva, Angelo Roberto Antonioli, Ana Mara de Oliveira e Silva, Lucindo José Quintans-Júnior

Published: December 3, 2020 • <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243276>

0 Save	0 Citation
836 View	0 Share

Article	Authors	Metrics	Comments	Media Coverage	Peer Review
---------	---------	---------	----------	----------------	-------------

Download PDF

Print Share

Viewed

Total Article Views	HTML Page Views	PDF Downloads	XML Downloads	Total
836	503	311	22	836
61.83 % of article views led to PDF downloads				

Dec 03, 2020 (publication date) through Jun 21, 2021 *

Check for updates

ADVERTISEMENT





<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243276>

ANEXO 2 - Comprovante de submissão do artigo II

Journal of Strength and Conditioning Research
Sex-based differences in acute stress markers, muscle damage, and hematological responses to high-intensity functional training
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	Sex-based differences in acute stress markers, muscle damage, and hematological responses to high-intensity functional training
Short Title:	Sex-based differences in high-intensity functional training
Article Type:	Original Research
Keywords:	white blood cell count; cortisol; creatine kinase; metabolic response; CrossFit.
Corresponding Author:	João Gomes, M. D. Universidade Federal de Sergipe Sao Paulo, SP BRAZIL
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidade Federal de Sergipe
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	João Gomes, M. D.
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	João Gomes, M. D. Renata Rebello Mendes Danilo Rodrigues Pereira Silva Rinaldo Poncio Mendes Ana Mara Oliveira e Silva Lucindo José Quintans-Júnior
Order of Authors Secondary Information:	
Manuscript Region of Origin:	BRAZIL
Abstract:	<p>This study analyzed sex influence on the alterations of stress markers, tissue damage, hormonal serum levels, and hematological biomarkers in a single 'Cindy' workout session. Twelve men (age: 33.3 ± 1.1 years) and 11 women (age 29.5 ± 1.5 years) were submitted to a single 'Cindy' workout session. The 'Cindy' workout consisted of as many rounds as possible of 5 pull-ups, 10 push-ups, and 15 air squats in 20 min. Blood samples were evaluated for lactate, cortisol, creatine kinase (CK) concentrations, CK/lean body mass ratio, and total and differential leukocyte counts. These variables were evaluated immediately before (pre-ex) and after exercise (post-ex), 30 minutes after it (post-30min), and 24 hours after it (post-24h). Number of rounds, physiological and perceptual responses to the "Cindy" workout did not differ between sexes. The lactate level was significant higher for men than for women at post-exercise (men:16.1 mmol.l-1; women: 10.5 mmol.l-1) and post-30min (men: 5.3 mmol.l-1; women: 4.0 mmol.l-1). CK concentrations were significant higher for men in all time-points, except after 24h. Nevertheless, the CK/lean body mass ratio showed no differences at any time-points. No differences in other variables analyzed were observed between sexes, except for monocyte count at post-24h. A small number of variables presented more intense alterations in men than in women; nevertheless, the altered variables remained within safe reference intervals. These results revealed that this protocol, in the conditions it was carried out and evaluated, is reliable and can be used equally for both men and women.</p>


JSCR Submission Confirmation for Sex-based differences in acute stress markers, muscle damage, and hematological responses to high-intensity functional training  

Caixa de entrada x

Journal of Strength and Conditioning Research <em@editorialmanager.com>

18:18 (há 10 minutos)



 para mim ▾

 inglês ▾ > português ▾ [Traduzir mensagem](#)

[Desativar para: inglês](#) x

Jul 06, 2021

Dear Mr Gomes,

We have received your new manuscript entitled "Sex-based differences in acute stress markers, muscle damage, and hematological responses to high-intensity functional training".

You will be able to check on the progress of your paper by logging on to Editorial Manager as an author.

Additionally, you may view the Additional Information questions to obtain the copyright information by clicking here: [Additional Information](#)

1. João Gomes, M. D.

ANEXO 3 - TEXTO PARA A COMUNIDADE I

Texto publicado na coluna Ciência e Saúde do Jornal da Cidade

O treinamento no CrossFit pode ser prejudicial para a saúde?

Atualmente existem muitas opções de exercício físico para as pessoas escolherem. Cada programa de exercício físico possui suas características específicas. Uma das modalidades que mais cresceu nos últimos anos, tendo mais de 1.000.000 de praticantes no mundo, foi o **CrossFit**. Uma das vantagens da modalidade CrossFit é o fato de que os praticantes podem realizar os exercícios em locais que não sejam a sala de musculação, sendo atrativos para aqueles que preferem espaços diferentes dos tradicionais das academias de ginástica.

O CrossFit é um tipo de treinamento físico e esporte com características bem específicas, integrando levantamento de pesos, ginástica artística, e corrida ou remo (exercícios aeróbios). No CrossFit, boa parte das sessões de treinamento envolve competição e desafios, fazendo com que os praticantes sempre busquem alcançar os seus limites da condição física e mental.

A maioria dos treinos dessa modalidade exige do praticante a realização de um alto número de repetições em determinado tempo ou uma sequência de exercícios intensos no menor tempo possível. Além dessa exigência, raramente há intervalo de descanso entre as séries de exercícios, fazendo com que a intensidade dos treinos seja muito alta. Essa modalidade de exercícios é também conhecida como **treinamento funcional de alta intensidade**. A vantagem de se treinar em alta intensidade está no custo-benefício em relação ao tempo dedicado no treino. Em outras palavras, é possível otimizar ganhos em condicionamento físico, e aumentar o gasto de calorias, gastando pouco tempo do seu dia.

Mas então, um exercício tão intenso como o CrossFit pode ser prejudicial para a saúde?

Até o presente momento, sabe-se que uma sessão de treino extenuante de CrossFit pode provocar algumas alterações nas células de defesa imunológica e dano muscular de praticantes, porém essa resposta é temporária e dentro de limites aceitáveis. Por exemplo, as quantidades de algumas células do sistema imunológico podem se elevar imediatamente após o término da sessão de treinamento, e depois de 30 minutos podem cair abaixo dos valores observados quando o organismo ainda estava em repouso. Porém, apesar dessas oscilações, essas quantidades de células imunológicas sempre estão dentro daquela “famosa faixa de normalidade”, que temos como meta a ser atingida quando fazemos um exame de sangue, e ao final de 24 horas após a sessão de treinamento, tudo volta aos mesmos valores que o organismo apresentava antes do exercício ser iniciado.

O que ainda não está claro na ciência é se essas respostas das células imunológicas frente à uma sessão de treinamento serão as mesmas quando houver acúmulo de várias sessões, afinal, um praticante de CrossFit está acostumado a realizar cerca de cinco sessões de treinamento por semana. Ou seja, não se sabe quantas sessões de treino extenuantes consecutivas de CrossFit podem ser consideradas saudáveis, sem ocasionar consequências negativas na saúde.

E se a gente comparar praticantes de CrossFit experientes com iniciantes? Será que uma sessão de treinamento pode ser prejudicial ao sistema imunológico e às fibras musculares de quem está começando agora?

Não. Indivíduos iniciantes ou com pouca experiência no treinamento de CrossFit respondem de forma bastante similar do ponto de vista imunológico e metabólico, quando comparados aos praticantes com mais anos de experiência. Apesar da proposta de treino ser a mesma para todos os praticantes, independente do tempo de experiência, os exercícios são adaptados para a condição de cada um. Geralmente os iniciantes acabam fazendo menos repetições dos movimentos propostos num mesmo período de tempo, permitindo que a intensidade seja relativa à condição física de cada praticante; porém todos, sem exceção, alcançam elevado batimento cardíaco durante o treinamento,

próximo da capacidade máxima, não havendo diferenças entre os iniciantes e os experientes.

Uma vez que a população mundial está cada vez menos ativa fisicamente, novas propostas de treinamento físico, que fujam do modelo tradicional encontrado nas academias e clubes esportivos, são bem-vindas no que se refere à motivação e adesão. Acredita-se que as pessoas, atualmente desmotivadas para iniciar um programa de exercício físico, possam encontrar prazer numa atividade que impõe desafios e superação de limites constantemente, como é o caso do CrossFit. Mas vale aqui uma ressalva: a pessoa que pretende se engajar nesse tipo de treinamento deve estar mentalmente preparada no alto estresse físico e fisiológico que receberá nas sessões de treinamento. Sendo assim, recomenda-se que no início, a pessoa treine cerca de três vezes por semana, tendo dias de descanso entre as suas sessões.

Prof. Msc. João Henrique Gomes. Profissional de Educação Física e Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da UFS.

Prof. Dr. Lucindo Quintans-Júnior. Farmacêutico e Professor Titular no Departamento de Fisiologia da UFS, docente dos Programas de Doutorado em Ciências da Saúde e Ciências Farmacêuticas. Membro da equipe do Projeto EpiSERGIPE.

Profa. Dra. Renata Rebello Mendes. Nutricionista e Professora Assistente no Departamento de Nutrição da UFS. Coordenadora do GENAE – UFS

ANEXO 4 - TEXTO PARA A COMUNIDADE II

CrossFit e Mulher: será que elas podem treinar que nem os homens?

Houve aumento considerável nos últimos anos de pesquisas na área da ciência do exercício e do esporte tendo maior participação de mulheres. Entretanto, a quantidade destas pesquisas ainda é muito pequena quando comparada as que tem os homens como participantes. Essa desigualdade pode justificar o porquê de até hoje não termos um guia ou diretrizes de treinamento físico elaborado exclusivamente nas mulheres, seja com foco na saúde ou no desempenho esportivo.

Não é novidade para ninguém que mulheres e homens apresentam muitas diferenças, principalmente nas características corporais e hormonais, as quais acabam influenciando diretamente na capacidade de gerar força e resistência.

No mundo fitness e esportivo vemos cada vez mais as mulheres se engajando nos mais diversos programas de treinamento físico, inclusive naqueles de alta intensidade, cujas sessões de treino são extenuantes e de alto estresse físico/fisiológico, como é o caso do **CrossFit**.

Mas e agora? Será que as mulheres respondem da mesma forma que os homens durante o treinamento intenso?

Do que se sabe, até o presente momento, é que as mulheres podem reagir de forma diferente aos homens, principalmente nas respostas da defesa imune, do dano muscular e do estresse metabólico, tanto na musculação intensa como nos esportes como natação e futebol.

E durante uma sessão de CrossFit? As mulheres respondem de forma diferente da dos homens?

Do ponto de vista da quantidade de células imunológicas, liberação de hormônio do estresse e do dano provocado ao músculo, parece que não. São mínimas as diferenças entre os sexos, desde que o protocolo de treinamento seja o mesmo. Sendo assim, para essa modalidade de treinamento físico parece não haver necessidade de se estabelecer protocolos exclusivos nas mulheres e nos homens. O que está comprovado é que os homens produzirão maior dano muscular e estresse metabólico do que as mulheres quando a intensidade relativa for similar, porém isso se justifica pela característica e tamanho muscular diferente.

Quer dizer então que os exercícios devem ser os mesmos?

Levando em consideração os sistemas imune e cardiovascular, a proposta do treino pode ser similar para homens e mulheres, com alguns ajustes, como: a) diferenças nos pesos utilizados em exercícios com as barras, pois devido as mulheres terem menos massa muscular que os homens, eles podem levantar menos pesos; b) ajustes na forma de realizar o movimento. Existem exercícios que envolvem o “levantamento” do próprio peso do corpo, como é o caso dos tradicionais exercícios “barra fixa” e “flexões de braços”, os quais nos homens existe menor dificuldade em realizar do que a grande maioria das mulheres. Portanto, pela visão da saúde fisiológica, as mulheres parecem sim responder de forma similar aos homens, mas pela ortopédica - articulações, músculos, tendões e ossos - esses ajustes na forma de realizar o movimento ou diminuição do peso a ser levantado (carga externa) se faz necessário.

Prof. Msc. João Henrique Gomes. Profissional de Educação Física e Doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde da UFS.

Prof. Dr. Lucindo Quintans-Júnior. Farmacêutico e Professor Titular no Departamento de Fisiologia da UFS, docente dos Programas de Doutorado em Ciências da Saúde e Ciências Farmacêuticas. Membro da equipe do Projeto EpiSERGIPE.

Profa. Dra. Renata Rebello Mendes. Nutricionista e Professora Assistente no Departamento de Nutrição da UFS. Coordenadora do GENAE – UFS